

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
Departamento de Ingeniería Química



**TESIS DOCTORAL**

**Diseño de las infraestructuras frigoríficas en países en vías de  
desarrollo**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

**Francisco Javier Esteban Redondo**

Director

**Arturo Romero Salvador**

Madrid

Ed. electrónica 2019

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID**

**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**

**Departamento de Ingeniería Química**



**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE  
DOCTOR EN INGENIERÍA QUÍMICA (RD99)**

**DISEÑO DE LAS INFRAESTRUCTURAS FRIGORÍFICAS EN  
PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO**

**Autor: Fco. Javier Esteban Redondo**

**Director y Tutor: Dr. D. Arturo Romero**

**Madrid 2019**



## **Agradecimientos**

En primer lugar quiero agradecer al Dr. D. Arturo Romero Salvador, catedrático del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Complutense de Madrid, la dirección de esta Tesis Doctoral, por su implicación en la misma, infundirme el ánimo permanente para su realización y constantes consejos para su finalización y entrega.

Así mismo, quiero manifestar mi agradecimiento a D. Raúl Alonso Gallego, CEO del Grupo Catri, con quien trabajé en la filial Catri Internacional S.A., por poner a mi disposición todos los medios necesarios para poder realizar y desarrollar todos los trabajos de investigación y optimización energética. Igualmente quiero agradecerle a mi buen amigo Dr. Ing. de ICAI. Don Carlos Bofill de la Cierva, ex-Director Técnico del Grupo Ramón Vizcaíno, donde trabajé durante bastantes años en la filial Ramón Vizcaíno Internacional S.A., por su ayuda técnica en los momentos que le requerí, sus observaciones y comentarios.

Por último y de modo muy especial quiero expresar mi gratitud a mi esposa por su paciencia, durante toda mi vida profesional y es especial durante el desarrollo de este trabajo, así como a mis hijos por el apoyo y ánimo para la realización del mismo.





<b>Resumen .....</b>	<b>1</b>
----------------------	----------

## **Capítulo 1    Introducción**

<b>1.    Introducción.....</b>	<b>7</b>
1.1. <b>La escasez de alimentos.....</b>	<b>8</b>
1.2.    Factores que determinan la pérdida de alimentos .....	10
1.2.1.    Sector Agrícola.....	10
1.2.2.    Sector Pesquero.....	12
1.2.3.    Sector Cárnico.....	13
1.2.4.    Sector Lácteo .....	14
1.3. <b>Conservación de alimentos perecederos .....</b>	<b>15</b>
1.3.1.    Técnicas de conservación de los alimentos .....	16
1.4. <b>Objetivos .....</b>	<b>22</b>
1.4.1.    Objetivo general .....	22
Bibliografía.....	23

## **Capítulo 2    Países en vías de desarrollo**

<b>2.    Países en vías de desarrollo .....</b>	<b>29</b>
2.1. <b>Criterios de identificación .....</b>	<b>29</b>
2.1.1.    Índice de desarrollo humano (IDH) .....	29
2.1.1.1.    Cálculo del índice de desarrollo humano (IDH).....	30
2.1.2.    Índice de desarrollo humano ajustado por desigualdad (IDH-D).....	31
2.1.2.1.    Cálculo del IDH ajustado por desigualdad (IDH-D) .....	32
2.1.3.    Índice del desarrollo de género (IDG) .....	34
2.1.3.1.    Cálculo del índice de desarrollo de género (IDG) .....	35
2.1.4.    Índice de desigualdad de género (GII).....	39
2.1.4.1.    Cálculo del índice de desigualdad de género (GII) .....	40
2.1.5.    Índice de pobreza multidimensional (IPM) .....	43
2.1.5.1.    Cálculo del índice de pobreza multidimensional (IPM) .....	44
2.2. <b>Tabla identificativa de los índices por zonas y países.....</b>	<b>46</b>
2.3. <b>Selección de países .....</b>	<b>50</b>
Bibliografía.....	52

## **Capítulo 3    Productos perecederos en países en vías de desarrollo**

<b>3.    Productos perecederos en países en vías de desarrollo .....</b>	<b>57</b>
3.1. <b>Criterios de identificación .....</b>	<b>29</b>
3.1.1.    Agricultura .....	57
3.1.2.    Capturas pesqueras .....	63

3.1.3.	Ganadería.....	70
3.1.4.	Sector lácteo.....	74
3.1.5.	Producciones para el grupo de países seleccionados .....	77
3.2.	<b>Pérdidas de alimentos perecederos</b> .....	78
3.2.1.	Causas y factores que propician pérdidas de alimentos perecederos .....	78
3.2.2.	Alcance de pérdidas y desperdicios de los productos perecederos.....	79
3.3.	<b>Capacidad frigorífica instalada en el grupo de países en vías de desarrollo seleccionados</b> .....	81
3.4.	<b>Selección de dos países para implementación de estructura frigorífica</b> .....	82
3.5.	<b>Ubicación de almacenes frigoríficos en los dos países seleccionados</b> .....	91
	Bibliografía.....	96

## Capítulo 4      **Red Frigorífica**

4.	<b>Red Frigorífica</b> .....	103
4.1.	Red Frigorífica .....	103
4.1.1.	La cadena de frío .....	103
4.1.2.	Eslabones de la cadena de frío.....	103
4.2.	<b>Componentes de la instalación frigorífica</b> .....	113
4.2.1.	Elección de compresores .....	114
4.2.2.	Elección de condensadores .....	117
4.2.3.	Elección de evaporadores.....	118
4.2.4.	Desescarche de evaporadores .....	120
4.2.5.	Válvulas de control de los circuitos frigoríficos .....	122
4.2.6.	Sistemas de enfriamiento del aceite de lubricación.....	123
4.3.	<b>Elección del circuito frigorífico</b> .....	125
4.3.1.	Ciclo simple de compresión con R-407F sin economizador y con expansión múltiple a dos niveles de temperatura.....	126
4.3.2.	Ciclo simple de compresión con nh <sub>3</sub> con economizador y con expansión múltiple a dos niveles de temperatura.....	128
4.3.3.	Sistema de compresión en cascada .....	130
4.4.	<b>Fluidos refrigerantes</b> .....	133
4.4.1.	Elección del refrigerante .....	134
	Bibliografía.....	135

## Capítulo 5      **Instalaciones**

5.	<b>Instalaciones</b> .....	139
5.1.	Instalación 1 - instalación frigorífica de R-407F (FREÓN) de compresión simple sin economizador y dos niveles de temperatura .....	143
5.1.1.	Bases y consideraciones de diseño.....	143

5.1.2.	Descripción de los equipos de la instalación frigorífica .....	144
5.1.3.	Funcionamiento de la instalación 1 .....	148
5.1.4.	Resultados de las pruebas de operación - instalación 1 .....	149
5.2.	Instalación 2 - instalación frigorífica de $\text{nh}_3$ de compresión simple con economizador y dos niveles de temperatura .....	155
5.2.1.	Bases y consideraciones de diseño.....	155
5.2.2.	Descripción de los equipos de la instalación frigorífica .....	156
5.2.3.	Funcionamiento de la instalación 2.....	159
5.2.4.	Resultados de las pruebas de operación - instalación 2 .....	160
5.3.	<b>Instalación 3 - instalación frigorífica de compresión Circuito en cascada de <math>\text{Nh}_3</math> - <math>\text{Co}_2</math> .....</b>	<b>167</b>
5.3.1.	Bases y consideraciones de diseño.....	167
5.3.2.	Descripción de los equipos de la instalación frigorífica .....	170
5.3.3.	Funcionamiento de la instalación 3.....	179
5.3.4.	Resultados de las pruebas de operación - instalación 3 .....	179
5.4.	<b>Puesta a punto de una instalación frigorífica y operación .....</b>	<b>184</b>
	Bibliografía.....	135

## Capítulo 6 Optimización energética de las instalaciones frigoríficas

6.	<b>Optimización energética de las instalaciones frigoríficas .....</b>	<b>191</b>
6.1.	<b>Procedimiento utilizado para la aplicación del sistema de optimización energética.....</b>	<b>195</b>
6.2.	<b>Ahorro energético de la instalación 1 de R-407F (REÓN) con la implementación del sistema de optimización energética .....</b>	<b>197</b>
6.2.1.	Interpretación y resultados específicos.....	198
6.3.	<b>Ahorro energético de la instalación 2 de <math>\text{nh}_3</math> con la implementación del sistema de optimización energética.....</b>	<b>203</b>
6.3.1.	Interpretación y resultados específicos.....	203
6.4.	<b>Ahorro energético de la instalación 3 de un circuito en cascada de <math>\text{Nh}_3</math> - <math>\text{Co}_2</math> con la implementación del sistema de optimización energética .....</b>	<b>209</b>
6.4.1.	Interpretación y resultados específicos.....	209
	Bibliografía.....	215

## Capítulo 7 Financiación internacional

7.	<b>Financiación internacional .....</b>	<b>219</b>
7.1.	<b>Crédito multilateral .....</b>	<b>221</b>
7.2.	<b>Crédito comprador .....</b>	<b>221</b>
7.3.	<b>Crédito Fiem.....</b>	<b>223</b>

7.4.	<b>Crédito comercial</b> .....	224
7.5.	<b>Incoterms</b> .....	225
	<b>Bibliografía</b> .....	215

## **Capítulo 8 Conclusiones**

8.	<b>Conclusiones</b> .....	229
----	---------------------------	-----

## **Capítulo 9 Anexos**

9.	<b>Anexos</b> .....	219
9.1.	Producciones agrícolas en África por países y productos .....	233
9.2.	Producciones agrícolas en latino-américa por países y productos .....	241
9.3.	Producciones pesqueras en África por países y productos .....	245
9.4.	Producciones pesqueras en latino-américa por países y productos .....	249
9.5.	Producciones cárnicas en África por países y productos .....	251
9.6.	Producciones cárnicas en latino-américa por países y productos .....	253
9.7.	Producciones lácteas en África por países y productos .....	254
9.8.	Producciones lácteas en latinoamérica por países y productos .....	258
9.9.	Capacidad frigorífica instalada en países en vías de desarrollo y en países industrializados .....	260
9.10.	Descripción de los componentes de una instalación frigorífica .....	261
9.11.	Financiación internacional .....	266

## **Capítulo 10 Siglas y acrónimos**

10.	<b>Siglas y acrónimos</b> .....	275
-----	---------------------------------	-----

## **RESUMEN**

### **TÍTULO: "DISEÑO DE LAS INFRAESTRUCTURAS FRIGORÍFICAS EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO"**

#### **INTRODUCCIÓN**

En los países subdesarrollados y en vías de desarrollo, los recursos alimenticios no llegan a todos los sectores de la población entre otras razones porque se pierde buena parte de los alimentos producidos. Los informes de la FAO sobre estos países son preocupantes pues dan cifras de pérdidas de alimentos en el sector hortofrutícola superiores al 50%, en el cárnico al 20% y en el piscícola al 60%. La carencia de infraestructuras frigoríficas adecuadas y en algunos países inexistentes, son causa en gran medida de esta situación. Por tanto, el fundamento de establecer estas infraestructuras es conseguir el máximo aprovechamiento de los recursos propios de productos perecederos alimenticios, destinados al consumo de la población.

#### **OBJETIVOS**

El objetivo es el diseño de una infraestructura frigorífica para la conservación de alimentos perecederos en países en vías de desarrollo, obteniendo el máximo aprovechamiento de los recursos propios alimenticios del sector primario, garantizando el suministro y la distribución a toda la población y en especial a las capas sociales de menor poder adquisitivo.

Este objetivo se logra en tres fases. En la primera identificando los países en vías de desarrollo mediante indicadores, seleccionando los dos más apropiados para implementar la infraestructura frigorífica, identificando los alimentos a conservar, estimando las cantidades y eligiendo las ubicaciones. En la segunda, diseñando las instalaciones que permiten conservar los alimentos, eligiendo el tipo de circuito frigorífico, tipo de refrigerante y equipos, que permitan minimizar el consumo energético. En la tercera, proponiendo las fuentes de financiación y el mecanismo de acceso a las mismas que permitan hacer realidad el objetivo propuesto.

#### **RESULTADOS**

Se han tomado cinco indicadores que permiten valorar el desarrollo de los países. Utilizando estos indicadores se han seleccionado ocho países como candidatos para implantar la red frigorífica. Para los dos países elegidos se han determinado las cantidades de alimentos perecederos que podrían aprovecharse y la ubicación de las instalaciones frigoríficas que configurarían la red.

En cada una de las tres instalaciones "industriales" se almacenaron, en las condiciones requeridas para su conservación, los alimentos perecederos seleccionados y se determinó el consumo energético para distintas condiciones de operación. En la Instalación 1, equipada con un sistema de compresión simple de R-407F, el consumo de

energía varía en una escala porcentual entre 100 y 60; en la Instalación 2, con un sistema de compresión simple de  $\text{NH}_3$  con economizador, entre 100 y 68 y en la Instalación 3, con un sistema en cascada de  $\text{NH}_3$  -  $\text{CO}_2$ , entre 100 y 80.

## **CONCLUSIONES**

Los países en vías de desarrollo se clasificaron mediante la utilización de una serie Índices de Desarrollo que establecen el ordenamiento de los mismos, las diferencias de clases, la desigualdad y discriminación tanto social como de desarrollo humano entre hombre y mujer y las zonas más empobrecidas de un país.

Los países elegidos mediante el criterio de los índices fueron Ecuador y Senegal. Ambos países basan su economía en la agricultura y la pesca. Calculando las cantidades de alimentos que se pierden en ellos, por falta de una adecuada red frigorífica, se determinó que Ecuador necesita 239.000  $\text{m}^3$  y Senegal 59.000  $\text{m}^3$  adicionales a los que puedan existir. Estos proyectos son financiables desde España mediante un crédito comprador según consenso OCDE en Ecuador y un crédito FIEM en Senegal.

La optimización energética realizada en las tres instalaciones estudiadas mediante el sistema de ahorro energético utilizado, con la aplicación de un sistema electrónico que tiene gran incidencia en disminuir la temperatura de condensación, aumentar la de evaporación, así como utilizar válvulas de expansión electrónica y variadores de frecuencia, es aplicable en cualquier país y dependiendo del circuito frigorífico utilizado, del fluido refrigerante y de la climatología se puede ahorrar entre un 20% y un 40% de energía.

Teniendo en cuenta la cantidad de productos perecederos que no se perderían con una red frigorífica adecuada, el PIB en Ecuador aumentaría por año en 908 millones de euros y en Senegal en 144 millones de euros.

## **SUMMARY**

**TITLE: "DESIGN OF REFRIGERATING INFRASTRUCTURES IN DEVELOPING COUNTRIES"**

### **INTRODUCTION**

In underdeveloped and developing countries, the food resources do not come to the whole population in Africa, Latin America and Asia. On the other hand the productive capacity of foods is not entirely draw upon.

The reports stemming from FAO about these countries are disturbing because they give loss food figures within horticultural sector higher than 50%, within meat sector higher than 20% and within fishing sector higher than 60%.

The lack of suitable frigorific infrastructures and in some countries non-existent, was largely cause of this situation. Therefore, the basis to lay down these infrastructures is to get the maximum harnessing of the own resources regarding perishable products intended for the population consume.

Once settled the criteria to identify the developing countries and the resources of perishable products, two countries were picked out to implement the more suitable frigorific infrastructures, performing an energy optimization of such systems, in order to achieve the maximum reduction energy consumption and finally, to identify the potential resources of financing.

### **AIM**

The aim is the design of a refrigerating infrastructure to preserve the perishable foods in developing countries, getting the maximum leveraging of own resources within the primary sector, assuring the supply and distribution to the whole population and mainly to the social layers of lower purchasing power.

This objective is achieved in three phases. In the first, identifying the developing countries through indicators, picking out the two most appropriate to implement the refrigerating infrastructure, identifying the foods to be preserved, estimating the quantities and choosing the locations. In the second, designing the facilities that allow food to be preserved, selecting the type of refrigerating circuit, refrigerant and equipment, that enable to minimize the energy consumption. In the third, putting forward the sources of financing and the mechanism of access to them that make possible to accomplish the proposed target.

### **RESULTS**

Five indicators have been taken to assess the development of the countries. Using these indicators, eight countries have been selected as candidates to implement the refrigerating network. For the two countries chosen, the quantities of perishable food,



that could be harnessed, and the location of the refrigerating facilities, that would make up the network, have been determined.

In each of the three industrial installations, the selected perishable foods were stored under the conditions required for their preservation and the energy consumption was determined for different operating conditions. In Installation 1, equipped with a simple compression system of R-407F, the power consumption varies on a percentage scale between 100 and 60; in Installation 2, with a simple compression system of NH<sub>3</sub> with economizer, between 100 and 68 and in Installation 3, with a cascade system of NH<sub>3</sub> - CO<sub>2</sub>, between 100 and 80.

## **CONCLUSIONS**

Developing countries were classified through the use of a series of Development Indices that establish their ordering, class differences, social and human development inequality and discrimination between men and women and the most impoverished areas of a country.

The countries chosen by the criteria of the indices were Ecuador and Senegal. Both countries base their economy on agriculture and fishing. Calculating the amounts of food lost in them, for lack of an adequate refrigerating network, it was determined that Ecuador needs 239,000 m<sup>3</sup> and Senegal 59,000 m<sup>3</sup> additional to those that may exist. These projects can be financed from Spain through a buyer credit according to the OECD consensus in Ecuador and a FIEM loan in Senegal.

The energy optimization, carried out in the three installation, was studied through the energy saving system used, with the application of an electronic system that has a high incidence in reducing the condensation temperature, increasing the evaporation temperature, as well as using electronic expansion valves and frequency inverters. It is applicable in any country and, depending on the refrigerating circuit used, the refrigerant and the climate, it can be saved between 20% and 40% of energy.

Taking into account the amount of perishable products that would not be lost with an adequate refrigerating network, GDP in Ecuador would increase by 908 million euro per year and 144 million euro in Senegal.





# CAPÍTULO 1

## 1.- INTRODUCCIÓN

La falta de una cadena de frío adecuada, incluso inexistente en muchos países, está siendo la principal causa del deterioro de los productos perecederos. Esta carencia de infraestructura da lugar a unas pérdidas estimadas, en los países en vías de desarrollo, de 55% en frutas y legumbres, 22% en carnes, entre 30-60% en pesca según las zonas y 15% en productos lácteos. Esto puede significar entre 230 y 270 kg/año por habitante, lo que agrava la inseguridad alimentaria y somete a estos países a una fuerte dependencia de las importaciones al desperdiciar, por falta de estructura frigorífica, los recursos naturales propios agrícolas, pesqueros, cárnicos y lácteos. (ref.1.1)

Se hace cada vez más evidente que la ayuda pública destinada a mejorar la estructura alimentaria de un país, debe estar dirigida a crear los medios adecuados que permitan el aprovechamiento máximo de los recursos propios del mismo. Este aprovechamiento pasa por la transformación o creación de nuevos canales de distribución y el empleo de técnicas adecuadas para la conservación de los productos perecederos, siendo el frío industrial el medio conocido vinculado a la conservación de dichos productos.

Para una población mundial de 7.515 millones de habitantes (ref.1.2) en el año 2017 existía un volumen frigorífico instalado (ref.1.3) de 625 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales 260 millones de m<sup>3</sup> (ref.1.4) correspondían a países industrializados con 900 millones de habitantes (ref.1.5). Para los países no industrializados, con una población de 6.615 millones de habitantes, se necesitarían, en igualdad de condiciones con un potencial frigorífico equivalente, 1900 millones de m<sup>3</sup> cuando solo existen 365 millones de m<sup>3</sup>. Se entiende por país no industrializado los países en vías de desarrollo y los subdesarrollados.

El término “país en vías de desarrollo” (PVD) se refiere únicamente al desarrollo económico de un país, aunque puede afectar a todos los aspectos políticos y sociales. Realmente, es aquel que no posee un nivel de actividad económica lo suficientemente alto para proveer recursos necesarios a la gran mayoría de su población y cubrir un mínimo de necesidades de consumo que garanticen las condiciones básicas en salud, alimentación, educación, vivienda y servicios. Estos países, además, poseen mercados financieros poco desarrollados y una fuerte intervención del gobierno. Este término PVD se aplica a naciones caracterizadas por un retraso en términos de desarrollo humano de un segmento importante de su población, un alto nivel de desigualdad social, una debilidad institucional y una inestabilidad política. Dos terceras partes de la población mundial viven en países en vías de desarrollo, mayoritariamente en África, Asia y Latinoamérica (ref.1.6).

Los criterios utilizados para determinar que un país está en vías de desarrollo se basan en una serie de índices que consideran distintas variables como esperanza de vida, tasa de mortalidad, tasa de alfabetización, poder adquisitivo, desigualdad etc.

Las principales características de dichos países son las siguientes:

- Cambio social: es habitual en estos países debido a la migración de poblaciones de zonas rurales a zonas urbanas.
- Infraestructura: es necesario que exista, tanto una mínima infraestructura física (medios de transporte y de comunicación, tecnología disponible) como institucional (marco legislativo). Sin embargo, el desarrollo tecnológico puede depender de otros países.
- Economía interna: es necesario que existan depósitos bancarios, que suelen estar en manos de unos pocos, y una inversión significativa. En estos países suele encontrarse un alto índice de desempleo y empleo precario de una parte importante de la población, lo que da lugar a grandes diferencias sociales. Esto permite que la mano de obra sea muy barata.
- Economía externa: los países en vías de desarrollo suelen estar en una situación de dependencia en el ámbito internacional. El resultado es que los intercambios comerciales están sometidos a las reglas de los países más ricos y como consecuencia, una parte importante de sus recursos suele ser utilizada para pagar intereses de deudas.
- Pobreza: la pobreza siempre es un problema en estos países ya que, incluso cuando el desarrollo está en marcha, los beneficios económicos no se distribuyen equitativamente por toda la sociedad. Es decir, un sector importante de la sociedad sigue viviendo en condiciones similares a las de un país subdesarrollado.
- Migración: en estos países existen fenómenos migratorios en ambos sentidos. Debido a las pocas posibilidades de crecimiento que tienen algunos sectores de la población, es habitual que los habitantes que sufren de la pobreza se muevan, tanto dentro de las fronteras del país como hacia los países vecinos en busca de mejores oportunidades (ref. 1.7).

### **1.1. - LA ESCASED DE ALIMENTOS**

Según la FAO, la sequía es la causa natural más frecuente de escasez de alimentos en países en vías de desarrollo, aunque otra causa importante de las crisis alimentarias son las inundaciones, en la medida en que el cambio climático produzca un aumento en la variabilidad de la lluvia y la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos, por lo que son un obstáculo cada vez mayor para la seguridad alimentaria (ref.1.8).

Un informe realizado por la IMECHE (Institución Profesional de Ingeniería del Reino Unido) determina que para reducir el desperdicio alimentario en estos países es preciso dotarles de tecnología, personal capacitado y los medios necesarios para la instalación de equipos de refrigeración. Se calcula que hasta un 25% de los

alimentos podrían recuperarse, cuando se desperdicia actualmente hasta un 50% de las producciones alimentarias según esta institución (ref.1.9).

La agricultura puede reducir la pobreza dos veces más rápido que cualquier otro sector. Algunos de los países en vías de desarrollo e incluso subdesarrollados, debido a la climatología, pueden llegar a tener dos e incluso tres cosechas al año, de las cuales se pierde un porcentaje altísimo lo que provoca un déficit de alimentos y consecuentemente un aumento del gasto en divisas para su importación, siendo ellos mismos productores de dichos alimentos. Estas pérdidas, a las que se hace referencia, provocan una escasez de productos agrícolas y un aumento del precio al consumidor final en estos países. Esto podría evitarse con la disponibilidad de unas infraestructuras frigoríficas adecuadas, ya que como consecuencia de la carencia de las mismas, con las pérdidas postcosecha anuales - desde la producción hasta su venta o distribución - de África y Latinoamérica comerían 600 millones de personas y con lo que los europeos tiran a la basura en un año podrían alimentarse 200 millones (ref.1.10).

La sobreexplotación de los recursos pesqueros en todos los mares del mundo ha alcanzado niveles catastróficos y numerosos caladeros importantes están reduciéndose. El estado de las poblaciones de peces marinos en el mundo ha empeorado de forma alarmante, pues un 31% de ellas están sobreexplotadas, el 58 % están plenamente explotadas y solo el 10,5% están infraexplotadas. Esto es lo que se desprende del informe de la FAO, que analiza cada dos años la pesca mundial. Un gran número de especies están siendo empujadas hacia la extinción. La pesca ilegal, no declarada y no reglamentada (INDNR), está muy implicada en esta sobreexplotación. Hasta una quinta parte de las capturas pesqueras de todo el mundo proceden de la pesca INDNR, un elemento que vincula a los consumidores de Europa, USA y Asia, con una práctica que está propiciando una tragedia global que conlleva la sobreexplotación de un recurso de propiedad común. África Occidental es el epicentro de la tragedia. Las costas de esta región alojan algunos de los caladeros de pesca más abundantes del planeta, que actúan como un imán para los buques comerciales que abastecen a Europa y a los rápidamente crecientes mercados de Asia. Los beneficios generados son sustanciales. La sobreexplotación de los recursos pesqueros de África Occidental ha producido devastadoras consecuencias sociales, económicas y humanas que están destruyendo el sustento de los pescadores artesanales y se está perdiendo una fuente vital de proteínas, a la vez que están desapareciendo oportunidades para el desarrollo de la producción y de los comercios regionales.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, el rápido aumento de la demanda de pescado, para una creciente población mundial, ha hecho que las capturas no sean suficientes para abastecer dicha demanda, de manera que en la actualidad uno de cada dos pescados que se consume a escala mundial procede de la acuicultura.

Este sector ha sido el de más rápido crecimiento en la industria alimentaria mundial (ref.1.11;1.12).

## **1.2.-FACTORES QUE DETERMINAN LA PÉRDIDA DE ALIMENTOS**

### **1.2.1- SECTOR AGRÍCOLA**

Los procedimientos de producción aplicados antes de la cosecha, tales como suministro de agua, utilización de fertilizantes, métodos de cultivo, productos químicos, plaguicidas, herbicidas, y cosecha, pueden afectar gravemente a los productos agrícolas hasta el momento de su venta. Estas operaciones anteriores a la cosecha no son consideradas en este trabajo, ya que no necesitan un proceso de conservación como ocurre en la poscosecha. Los factores fundamentales que determinan la pérdida de productos agrícolas poscosecha, hasta que llegan al consumidor final, son una manipulación inadecuada, el carácter perecedero de los productos, el transporte, el pretratamiento antes de ser almacenados y la falta de almacenes apropiados.

Una manipulación inadecuada, el deterioro y las plagas producen pérdidas de cereales alimenticios en el mundo en vías de desarrollo, que se calcula en un 25 por ciento. Las frutas, las hortalizas, las raíces y los tubérculos son mucho menos resistentes y en su mayor parte perecederos, por lo que si no se pone cuidado en su cosecha, manipulación y transporte se deterioran rápidamente y dejan de servir para el consumo humano. Las pérdidas de batatas, plátanos, tomates, bananos y cítricos se estiman en no menos del 50 por ciento, la mitad de lo que se cultiva.

Los productos agrícolas son perecederos. Todas las frutas, hortalizas y raíces contienen de un 65 a un 95 por ciento de agua, cuyos procesos vitales continúan después de la recolección. Su vida, después de la cosecha, depende del ritmo al que consumen sus reservas almacenadas de alimentos y del ritmo de pérdida de agua. Cuando se agotan las reservas de alimentos y de agua, el producto muere y se descompone. Las causas principales son los cambios fisiológicos normales y los daños mecánicos. Los primeros se intensifican cuando intervienen condiciones que aceleran el proceso natural de deterioro, como temperaturas elevadas, baja o alta humedad atmosférica, dependiendo de los productos y de su estado. Los daños mecánicos producidos como consecuencia de la manipulación negligente del producto fresco, le causan magulladuras internas que dan lugar a un deterioro fisiológico anormal o a hendiduras y grietas en la piel que aumentan rápidamente la pérdida de agua y aceleran el proceso normal de modificaciones fisiológicas. Las grietas en la piel también propician las infecciones por los organismos patógenos causantes de la descomposición (ref.1.14). No obstante, el producto agrícola en general, después de la cosecha, sigue un proceso llamado respiración durante el cual los azúcares se combinan con el  $O_2$  del aire produciendo  $CO_2$  y agua y desprendiendo calor, hasta llegar a la completa maduración. Al mismo tiempo los microorganismos que están presentes en los frutos, a temperatura ambiente, se alimentan y se reproducen a un ritmo exponencial, a medida que avanza el tiempo,

de forma que a temperatura menor a la del ambiente se consigue alargar el período de maduración (ref.1.15).

Durante el transporte los alimentos, antes de ser almacenados, sufren una serie de pérdidas desde los campos de cultivo, en cestones, cajas de plástico o de madera, hasta los Almacenes Frigoríficos de Producción - Centros de Acopio - o hasta los Centros de Pretratamiento desde donde en camiones, que no reúnen las condiciones adecuadas, se envían a Almacenes Frigoríficos de Distribución, lo que provoca ciertas pérdidas de productos principalmente de frutas.

Durante el pretratamiento igualmente se producen pérdidas de frutas y hortalizas antes de su embalaje, es decir, recepción, clasificación y selección por calidad y tamaño, limpieza y lavado, tratamiento con fungicidas, encerado y embalaje y por último en el transporte desde los Almacenes Frigoríficos hasta los Centros de Distribución y Venta que debe hacerse en camiones refrigerados para no romper la cadena de frío.

La falta de almacenes apropiados, en los países en vías de desarrollo, constituye una de las principales causas de las pérdidas posteriores a la recolección (FAO). Los productos perecederos agrícolas requieren almacenes que posibiliten unas condiciones de mantenimiento, principalmente marcados por parámetros tales como temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento. Aunque existen tablas con valores de temperatura y humedad relativa que debe haber en las cámaras y el tiempo que es posible mantener a frutas y hortalizas, los valores son aproximados, ya que cambian con la variedad y el clima de la región. Las condiciones de almacenamiento y la influencia de estos parámetros son las siguientes:

- La temperatura de frutas y hortalizas de clima templado se debe mantener entre 0°C y 4°C y las de clima subtropical y tropical entre 8°C y 13°C. En estos países puede ser necesario almacenar diferentes productos en una misma cámara frigorífica. En este caso, ha de procurarse almacenar en una misma cámara productos que no tengan incompatibilidades de conservación. Estas pueden deberse a que la temperatura crítica es diferente para los diversos productos a almacenar o al riesgo de transmisión de aroma. Cuando se almacenan frutas y hortalizas de clima templado con las de clima subtropical y tropical, se debe adoptar la temperatura mínima del producto más sensible al frío. Cuando se almacenan frutas y hortalizas de clima templado o de clima subtropical y tropical, pero separadamente, se debe hacer a la temperatura más cercana al óptimo de conservación de la mayoría de los productos. Las frutas tropicales, los cítricos y las verduras no prolongan su vida útil bajando la temperatura excesivamente, por debajo de la temperatura crítica, pues se presenta el fenómeno de los daños por frío tales como falta de sabor, picado en la piel y color grisáceo (Kader y Mitcham 1.994).

- La humedad relativa de una gran mayoría de frutas y hortalizas debe mantenerse entre 85-95%. Si la humedad en la cámara es menor, el aire toma humedad del fruto almacenado y éste al salir pesa menos que a la entrada y hay peligro que la piel se arrugue. Si se aproxima al 100% hay peligro de que se pudra y que se produzca la congelación de vapor en el evaporador.



- El tiempo de almacenamiento depende de las características intrínsecas de cada producto, permitiendo un largo periodo de conservación si es el adecuado; manzanas y peras de 2 a 5 meses, zanahorias, cebollas y ajos de 5 a 7 meses y patatas y batatas de 4 a 8 meses. El mango, aguacate, plátano y banano para la exportación se cosechan verdes, y van madurando hasta que llegan a destino. El plátano que llega a destino verde, se madura en cámaras mediante inyección de etileno gas. La producción de etileno es característica de ciertos frutos que lo exhalan de manera brusca al comenzar la maduración, acelerándola y dando características particulares de color y textura. Esos frutos son llamados climáticos. Los principales son: manzana, pera, melón, sandía, ciruela, melocotón, en climas templados y aguacate, mango, banano, guayaba, kiwi, zapote en climas tropicales. Como consecuencia, no pueden madurar en la misma cámara diferentes frutos climáticos, pues se produce un aumento de la cantidad de etileno que acelera excesivamente la maduración y obliga a retirar la fruta antes del tiempo programado. Este problema del aumento de la velocidad de maduración se resuelve mediante "cámaras de atmosfera controlada", para ralentizar el ritmo de respiración de la fruta, reduciendo el  $O_2$  de la cámara a 1%, remplazando dicha reducción de  $O_2$  con  $N_2$  (gas inerte) y manteniendo constante el porcentaje de  $CO_2$  (ref.1.16).

### **1.2.2- SECTOR PESQUERO**

Las pérdidas en la fase de captura son debidas a los descartes, que obedecen en parte a la utilización de artes y métodos que no resultan del todo apropiados, bien debido a que se capturan ya muertos, a su tamaño o a sobrepasar la cuota permitida. Las causas y factores del deterioro y degradación del pescado después de la captura, que hacen que no sea apto para el consumo humano, son las enzimas, la acción de las bacterias y la acción del oxígeno.

- Las enzimas a la muerte del pez continúan actuando sobre las proteínas, las grasas, los azúcares de los músculos y sobre muchos compuestos específicos, produciendo la degradación del propio pescado, llamada autólisis (autodestrucción). En algunos casos la autólisis es muy intensa, como la producida por los jugos digestivos de los pescados capturados con los estómagos llenos y en otros casos, la acción enzimática es mucho más lenta, como la desarrollada a nivel muscular. La autólisis es importante, ya que su acción facilita el inicio de la causa de mayor deterioro en el pescado fresco.

- La acción de las bacterias representa normalmente la causa que produce los efectos más notables en el deterioro del pescado. Ellas se encuentran presentes en la piel, agallas y tracto digestivo, siendo su número y tipo un reflejo de las bacterias del medio ambiente donde se encuentra el pescado.

- La acción del oxígeno es causa del deterioro del pescado una vez muerto. Los peces respiran oxígeno y lo extraen del oxígeno disuelto en el agua. Una vez muertos la gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, presentes en los lípidos del pescado, les hace altamente susceptibles a la oxidación, mediante un

mecanismo autocatalítico. Esta oxidación es la causante de la pérdida de calidad del pescado, asunto inevitable a no ser que se empleen empaques herméticos o se empleen productos antioxidantes, que bloquean los procesos químicos de la oxidación (no aptos para el consumo humano).

Las principales medidas a tomar para evitar el deterioro son las siguientes:

- Una correcta manipulación, lo que contempla un tratamiento cuidadoso, libre de golpes, magulladuras o acciones que puedan producir cortes y daños al pescado y de esta manera la posibilidad de contaminación del músculo del pescado con bacterias u otro contaminante. El incorrecto manejo del pescado en el momento de la manipulación a bordo suele ser el más difícil de controlar, lo que genera daños en el músculo del pescado.
- La eliminación de las vísceras y con ellas las enzimas, consigue que se suprima una importante causa del deterioro del pescado. Debe tenerse en cuenta que el pescado que se encuentra con el estómago lleno, da lugar en corto tiempo a pescados con los estómagos reventados, siendo ésta una causa de deterioro muy notoria.
- Una eficiente higiene en la manipulación del pescado produce una disminución del número de bacterias inicialmente presentes.
- La disminución de temperatura tiene como finalidad provocar el enfriamiento y por tanto prolongar el tiempo de conservación del pescado, reduciendo la actividad de enzimas y bacterias, así como los procesos químicos y físicos que pueden afectar a la calidad. El pescado fresco es un alimento extremadamente perecedero y se deteriora con gran rapidez a temperaturas superiores a 10 - 15°C, dependiendo de la especie de que se trate. La reducción de la temperatura de almacenamiento del pescado disminuye su tasa de deterioro. Por debajo de los 4°C se considera que las bacterias reducen notoriamente su acción y prácticamente dejan de crecer a 0°C. La mayoría muere a -60°C (ref.1,17).

### **1.2.3- SECTOR CÁRNICO**

La carne y productos cárnicos son fácilmente alterables, por lo que deben manejarse con especial cuidado durante las operaciones de proceso. Las prácticas de manipulación y métodos de almacenamiento deben basarse fundamentalmente en minimizar y retardar la invasión y actividad microbiana (ref.1.18;1.19) que en algunos casos tiende a propagarse por la contaminación cruzada, como en las aves de corral entre aves vivas y en canal (ref.1.20).

Es necesario que el animal no esté estresado ni lesionado durante las operaciones anteriores al sacrificio, para no consumir innecesariamente las reservas de glucógeno muscular. El animal debe de estar bien descansado durante las 24 horas anteriores a su sacrificio, con el fin de permitir que el organismo vaya reponiendo el glucógeno muscular. Los cerdos son una excepción a la anterior regla. Deben viajar y ser sacrificados de la manera menos estresante posible, pero sin descansar

durante largos períodos antes de su sacrificio. Por otro lado el nivel de glucógeno en los músculos de la canal deben ser lo más alto posible, con el fin de desarrollar la máxima cantidad de ácido láctico en la carne. Este ácido le da a la carne un pH ideal - medido 24 horas después del sacrificio - de 6,2 o menos. Un pH a las 24 horas superior a 6,2 indica que el animal estuvo estresado, lesionado o enfermo antes del sacrificio (ref.1.18).

El ácido láctico en el músculo tiene el efecto de retardar el desarrollo de bacterias que contaminan la canal durante el sacrificio y el faenado. Por lo tanto, la carne que procede de animales que han padecido de estrés o de lesiones antes y durante su manejo, transporte y sacrificio, probablemente tenga una menor vida útil debido a su deterioro (ref.1.19;1.20).

Después de la muerte, la temperatura se eleva con el inicio del rigor mortis y con el sangrado, la termorregulación efectuada por medio del sistema circulatorio desaparece, de forma que el calor producido en el interior del cuerpo del animal no puede evacuarse rápidamente. Para sustraer el calor provocado por este aumento de temperatura, el enfriamiento de la canal (oreo) debe de hacerse lo más rápidamente posible para evitar la proliferación microbiana (ref.1.21). La legislación actual de la UE (reglamento EC Nº 853/2004) requiere que las canales de la carne fresca para el consumo humano se enfríen por debajo de 7°C y que esta temperatura se mantenga hasta el despiece o picado de la carne.

#### **1.2.4- SECTOR LÁCTEO**

La leche y los productos lácteos han ido asociados históricamente a importantes enfermedades humanas. Pueden considerarse dentro del grupo de alimentos que están más expuestos a sufrir diferentes tipos de contaminaciones de origen físico (restos de paja, tierra etc), químico y microbiológico a lo largo de la cadena alimentaria, es decir, transporte, procesamiento, envasado, almacenamiento y distribución.

Dada la gran diversidad de productos derivados de la leche, los contaminantes químicos proceden generalmente de los medicamentos veterinarios y de las sustancias que puedan utilizarse en la cría de animales, aunque también pueden pasar a la leche durante el ordeño determinados contaminantes ambientales como insecticidas, plaguicidas, restos de detergentes y desinfectantes utilizados en la limpieza de los equipos, etc. Los contaminantes microbiológicos son bacterias, virus y hongos, y su origen es muy diverso como los intestinos de los animales (heces), su piel, la materia fecal, la cama o el alojamiento, el medio ambiente, los piensos e incluso las ropas o las manos del ordeñador.

- El transporte de la leche cruda a fábrica debe realizarse en vehículos refrigerados, destinados exclusivamente a este fin. El trasvase hacia y desde las cubas debe realizarse bajo estrictas condiciones higiénicas. Después de cada transporte, y en todo caso una vez al día, deben limpiarse y desinfectarse los recipientes y cisternas que se hayan utilizado para el transporte de la leche al establecimiento de

transformación. Una vez que la leche llega a la fábrica donde va a recibir tratamiento, los riesgos principales son que su carga microbiana sea superior a los límites legales y que proliferen gérmenes debido a una refrigeración incorrecta o a un almacenamiento demasiado prolongado. Debe seguir el trámite apropiado de limpieza y desinfección.

- En el procesamiento de la leche, dada la gran variedad de productos lácteos, existen medidas preventivas muy diversas para evitar el deterioro y la contaminación, pero hay unos principios básicos que deben seguirse como mantener un alto grado de higiene personal, mantener los equipos, utensilios, estructuras de apoyo y superficies en perfectas condiciones de conservación y limpieza, mantener las salas de manipulación de productos lácteos sensibles a una temperatura inferior a 15°C. La leche que se comercializa pasa por una serie de procesos comunes como normalización, homogenización, centrifugación y tratamiento térmico para reducir o destruir los gérmenes que la leche pudiera contener, siendo una etapa crítica para la seguridad del producto (ref.1.22).

- En el envasado la contaminación de la leche puede surgir por causas como que los equipos de envasado no funcionan correctamente, la línea de llenado no está limpia y desinfectada, los operadores no manipulan siguiendo las normas o el ambiente de la sala tiene excesiva carga microbiana.

- El almacenamiento industrial corresponde al periodo de tiempo que transcurre desde que el producto sale ya acabado de la línea de elaboración hasta que se expide desde el almacén para ser distribuido. En el caso de la leche pasteurizada y otros productos lácteos, como yogures, quesos frescos, etc., los riesgos fundamentales son la proliferación bacteriana por almacenamiento a temperaturas inadecuadas (por encima de los 6 °C) y superar la fecha de caducidad. Cuando se trata de leche esterilizada o UHT, el principal riesgo de contaminación asociado al periodo de almacenamiento industrial es la pérdida de estanqueidad.

- En la distribución y venta la leche pasteurizada, así como los productos lácteos frescos (quesos, yogures, nata pasteurizada), deben distribuirse en vehículos refrigerados para evitar romper la cadena de frío. La leche esterilizada y UHT, por ser productos de larga duración, no requieren frío para su transporte, pero debe exigirse igualmente que los vehículos se encuentren en perfectas condiciones higiénicas. Durante todo el proceso de distribución de la leche y productos lácteos ha de evitarse el inadecuado tratamiento del producto, con apilamientos excesivos, golpes y sobrecargas, que pueden originar roturas, rozamientos, pinchazos y reventones que provocan la pérdida de hermeticidad de los envases (ref.1.22).

### **1.3.- CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS PERECEDEROS**

La conservación de los alimentos perecederos es el conjunto de procedimientos y recursos utilizados para preparar y envasar los productos alimenticios, evitando que sean atacados por microorganismos que originen la descomposición, con el fin de guardarlos y consumirlos mucho tiempo después. Todos los alimentos, en general,

requieren alguna técnica de conservación para mantenerlos en buen estado por un tiempo determinado, no habiendo ningún método de conservación que ofrezca protección frente a todos los riesgos posibles durante un periodo ilimitado de tiempo. Además del enlatado y la refrigeración/congelación, existen otros métodos tradicionales de conservación como el secado, la salazón y el ahumado. Entre las nuevas técnicas se encuentran el uso de antibióticos y la exposición de los alimentos a la radiación ultravioleta o gamma.

El procesado y conservación de los alimentos son mecanismos empleados para protegerles contra los microbios y otros agentes responsables de su deterioro, y así permitir su futuro consumo. Los alimentos en conserva deben mantener un aspecto, sabor y textura apetitosos, así como su valor nutritivo original.

Los alimentos de acuerdo a su tiempo de duración se podrían clasificar como alimentos perecederos, siendo aquellos que se descomponen fácilmente, como la fruta, las verduras, las hortalizas, la leche no UPS, las carnes, los huevos etc; alimentos semi-perecederos que son aquellos que permanecen exentos de deterioro por mucho tiempo, como son las patatas, las nueces y los alimentos enlatados; y alimentos no perecederos que no se dañan fácilmente como las harinas, las pastas y el azúcar (ref.1.24).

### **1.3.1.- TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS**

Las técnicas de la conservación de los alimentos son muy variadas, dependiendo de si son alimentos naturales o industrializados y del tipo de alimento y mercado a donde van a ir destinados. Las más conocidas son las siguientes:

- La deshidratación consiste en eliminar el agua que contiene los alimentos, bien de una forma natural por "la acción del sol", empleándose para pescado y café o para ciertas frutas como pasas, ciruelas, albaricoques, peras, melocotones, etc, limitándose a países con climatologías favorables; bien por medio de una "corriente de aire caliente" a gran velocidad, en evaporadores a unas temperaturas que pueden variar entre 68°C y 74°C o mediante "desecadores mecánicos", consistente en un horno simple que lleva a cabo la deshidratación de alimentos, aprovechando las corrientes naturales que se producen al calentar el aire.
- La liofilización es un método de conservación de alimentos que consiste en separar el agua de una disolución, mediante congelación y posterior sublimación de hielo a presión reducida mediante vacío. El alimento liofilizado solo contiene un 2% de agua. Después de una rehidratación, su valor nutritivo y sus cualidades organolépticas son prácticamente las mismas que el alimento fresco.
- La pasteurización HTST consiste en calentar el alimento hasta 72°C, durante 15 o 20 segundos y enfriarlo rápidamente a 4°C. Los alimentos pasteurizados

se conservan solo unos días - dos o tres -, ya que la mayoría de gérmenes patógenos se destruyen, aunque no sus esporas que son formas de resistencia de los microorganismos con la temperatura, consiguiendo sobrevivir a la pasteurización produciendo modificaciones físicas y bacteriológicas.

- La esterilización consiste en someter el alimento a altas temperaturas, 130°C durante 25 minutos, para asegurar la destrucción de todos los gérmenes y enzimas, incluyendo las esporas, y posterior enfriamiento a temperatura ambiente. A mayor temperatura menor será el tiempo necesario.
- La uperización o procedimiento UHT es un proceso donde la temperatura sube hasta 150° C, por inyección de vapor saturado o seco durante 1 o 2 segundos, produciendo la destrucción total de bacterias y sus esporas. Después pasa por un proceso de fuerte enfriamiento a 4° C, pudiendo conservarse el líquido esterilizado durante un largo periodo de tiempo. La fecha límite de uso es de meses.
- Las radiaciones más habituales utilizadas son los "rayos ultravioleta" (UV), los cuales disminuyen la contaminación superficial de algunos alimentos deteniendo la acción y reproducción de los microorganismos, utilizándose en plantas procesadoras de carne y de quesos; las "radiaciones gamma" que tienen alta penetrabilidad y se utilizan en productos alimenticios que han sido previamente empacados y enlatados.
- Los procesos químicos más utilizados son la "fermentación alcohólica" de los alimentos, mediante la cual se conservan en sustancias líquidas que contienen alcohol, porque su presencia inhibe el desarrollo de microorganismos y aún más de las levaduras que los producen; y el "encurtido" que varía dependiendo de los alimentos, en el caso del avinagrado consiste en colocar el alimento previamente en una solución de agua con vinagre. Ejemplo de ello lo constituye el escabeche, los encurtidos de zanahoria, cebollas, etc.
- Los aditivos químicos se incorporan a los alimentos como ácidos y sales para prevenir el desarrollo de microorganismos y para cambiar las características físicas de los alimentos. Los más usuales son, el "ácido acético" que se utiliza como preservador de alimentos verdes, el "ácido cítrico" que se utiliza en bebidas sin alcohol y en los productos de pastelería, el "ácido láctico" que se utiliza para conservación de alimentos como ciertos embutidos y los "agregados conservantes" que son agentes químicos que detienen el crecimiento de bacterias, como el benzoato de sodio, el nitrato y nitrito de sodio que detienen el crecimiento de las bacterias en la carne y sus derivados. (ref.1.24;1.25)
- La tecnología frigorífica consiste en la extracción de calor de un determinado medio y el mantenimiento de esta temperatura conseguida, inferior a la del

ambiente, mediante un proceso termodinámico en el que se toma calor del medio considerado (reduciendo su nivel térmico) y se lleva a otro lugar capaz de admitir esa energía térmica. Los sistemas más utilizados son la "fusión del hielo", que consiste en la absorción de calor para pasar de estado sólido a líquido. El hielo a 0°C al licuarse a agua, a la misma temperatura, absorbe 80 kcal/kg (calor latente de fusión) siendo el sólido de mayor calor latente de fusión. Este calor lo absorbe del aire más caliente en contacto con él, con lo cual el aire se enfría y puede ser utilizado a su vez para refrigerar los alimentos, con la limitación de temperaturas negativas. Las "mezclas de hielo con sales", como cloruro sódico, hidróxido potásico o cloruro cálcico, que pueden llegar a temperaturas negativas inferiores a -22°C. Por último los "sistemas de compresión simple", que se pueden utilizar en dos niveles térmicos, la refrigeración que consiste en conservar alimentos a temperaturas sobre 0°C o sobre el punto de congelación y la congelación que se basa en almacenar los alimentos a temperaturas que varían entre -20°C y -40°C. La refrigeración y congelación industrial son los procedimientos más seguros de conservación de productos perecederos durante un cierto periodo de tiempo que cambia en función del producto, ya que permite reducir las pérdidas (tanto cualitativas como cuantitativas) retrasando la maduración y el envejecimiento, prolongando de este modo la vida del producto. El sistema consta de un compresor, un condensador, un evaporador, una válvula de expansión isoentálpica y las tuberías de unión entre todos los elementos citados, como se puede observar en el figura 1.1. En el evaporador, el fluido frigorífero se vaporiza, tomando calor del medio que lo envuelve, enfriando dicho medio. Los vapores así formados son aspirados por el compresor y después comprimidos, descargándolos al condensador en forma de vapor recalentado, cediendo, a un medio más frío que envuelve al condensador, tanto el calor latente de vaporización, absorbido en el evaporador, como el sensible de recalentamiento, proporcionado por el compresor. Este vapor convertido en líquido, tras pasar por una válvula de expansión termostática inicia de nuevo el ciclo. La válvula hace caer la presión hasta la temperatura de evaporación, donde se producirá una fase mixta que entra en un recipiente. El vapor formado sale por la parte superior y el líquido por el fondo, el cual después de su paso por el evaporador se convierte en vapor entrando al recipiente y junto con el vapor formado después de la válvula de expansión sale por la parte superior del recipiente y entra en el compresor para repetir el ciclo.

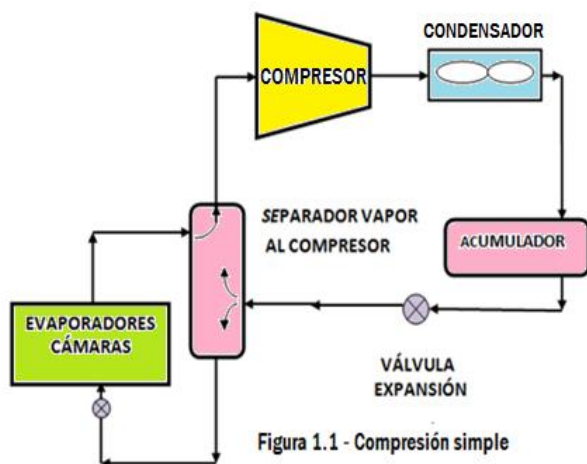


Figura 1.1 - Compresión simple

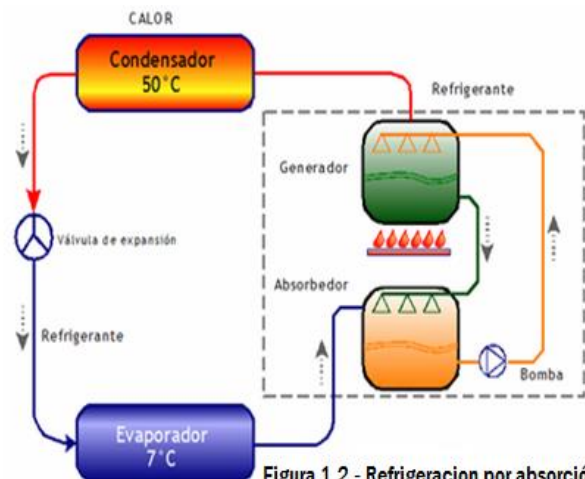


Figura 1.2 - Refrigeración por absorción

- Refrigeración por Absorción, consiste en la utilización de un sistema basado en un absorbedor, un condensador, un evaporador, una bomba y un generador, como se puede observar en el figura 1.2

Algunas sustancias, conocidas como absorbedores, tienen gran avidez por absorber vapores de otras, conocidas como refrigerantes, de forma que cuando ambas sustancias entran en contacto, el absorbedor succiona vapores del refrigerante y se produce el consecuente enfriamiento.

El ciclo es muy parecido al de compresión de vapor, salvo por el compresor, que ha sido sustituido por un sistema integrado por un absorbedor, una bomba, un generador, un intercambiador (regenerador) y una válvula de expansión. El generador y el condensador están en la zona de alta presión del sistema, mientras que el evaporador y absorbedor están en la zona de baja presión (1.26).

Los sistemas más utilizados son:

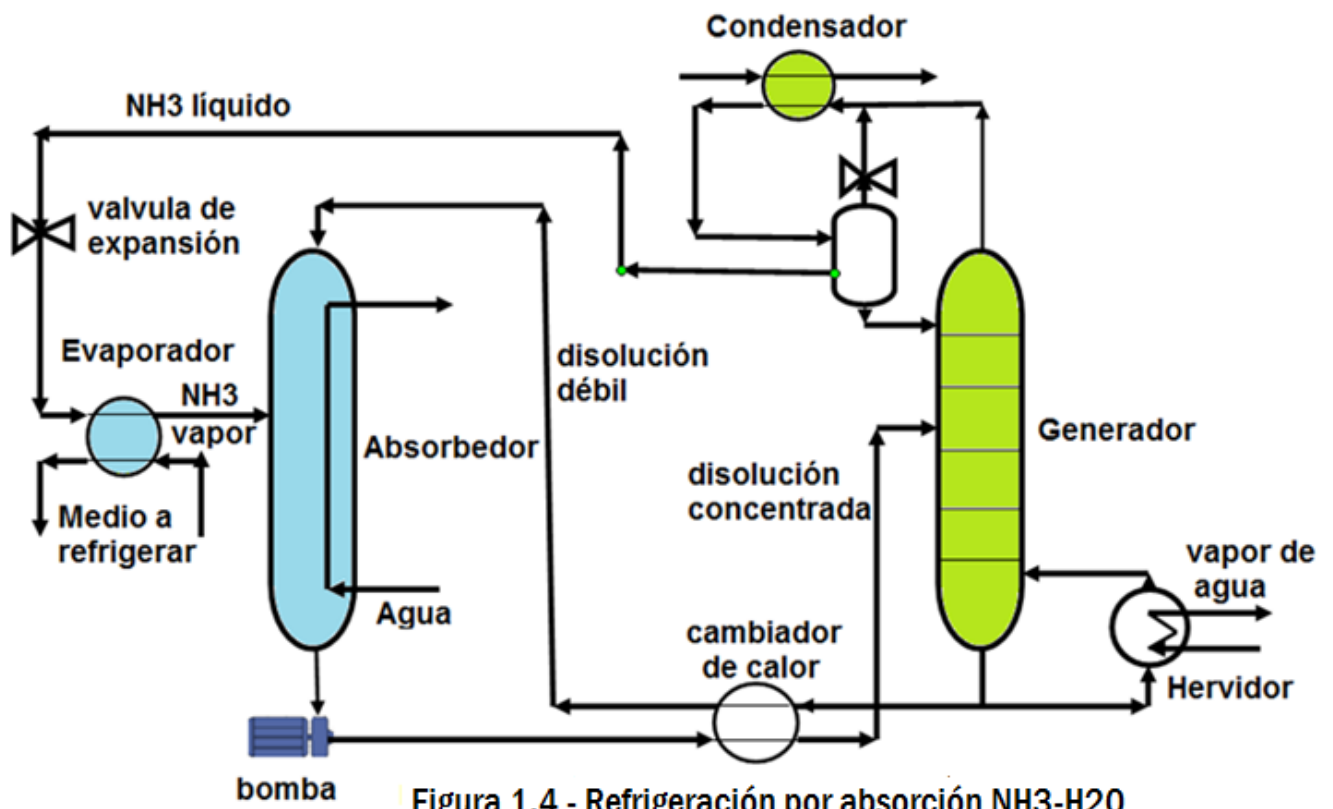
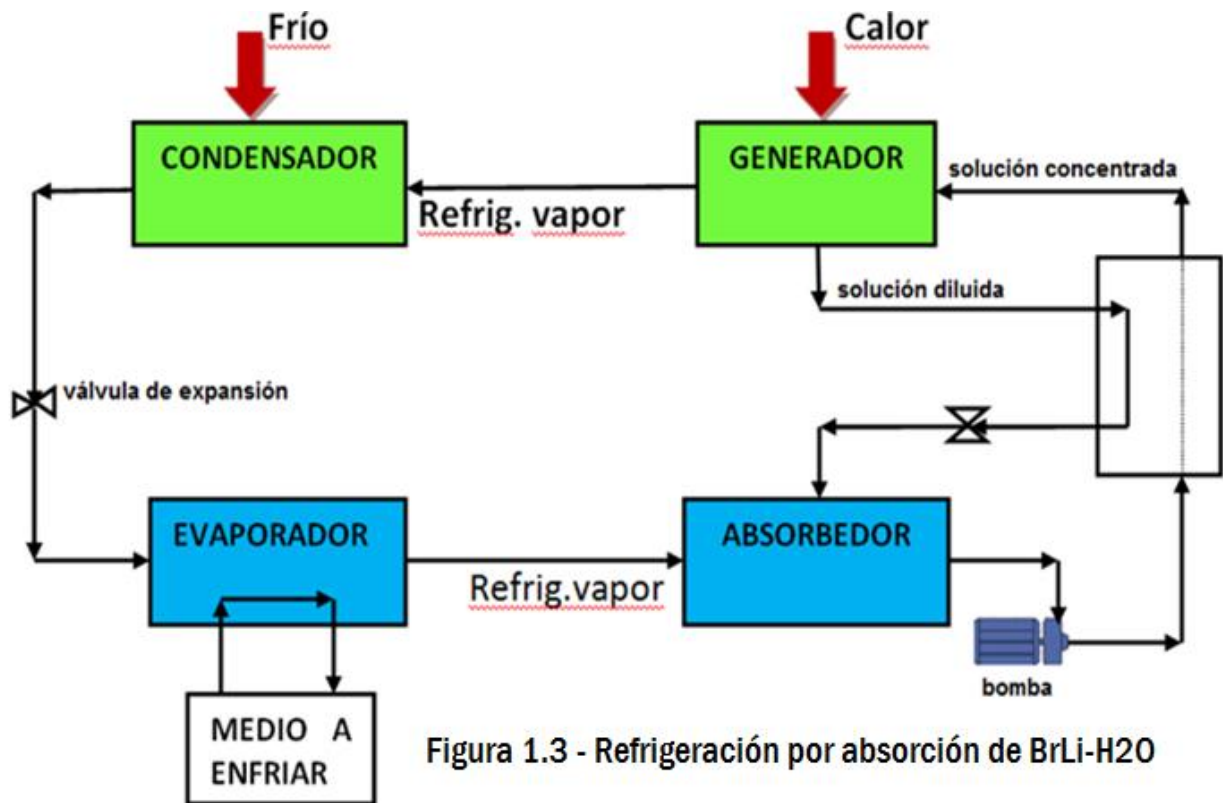
- bromuro de litio-agua, donde el BrLi es el absorbente (absorbedor) y el refrigerante el agua. Se considera que en el generador el absorbente no se vaporiza. De este modo el refrigerante (agua), prácticamente puro, se condensa en el condensador mediante el frío producido por agua de torre de enfriamiento, cediendo calor. Posteriormente, a través de una válvula, se expande hasta la presión de evaporación, absorbiendo el calor de la zona a refrigerar en el evaporador. El vapor de agua que sale del evaporador entra en el absorbedor, donde se incorpora a una solución de BrLi-H<sub>2</sub>O diluyéndola. Esta reacción es exotérmica y como tal genera calor (de condensación y de dilución) que es cedido al agua del circuito de la torre de refrigeración que fluye a través de los tubos del absorbedor. La solución diluida de BrLi-H<sub>2</sub>O, rica en refrigerante, es bombeada al generador. Allí recibe energía desde una fuente térmica externa que la lleva hasta la ebullición, evaporando parte del agua que contiene y concentrando de nuevo la solución (pobre en refrigerante). El vapor de



agua, en la zona de alta presión del circuito, continúa su camino a través del condensador y repite el ciclo. La solución concentrada y caliente de  $\text{BrLi-H}_2\text{O}$  pasa a través del intercambiador (regenerador), donde cede calor a la solución diluida de  $\text{BrLi-H}_2\text{O}$  procedente del absorbedor. Luego experimenta una expansión hasta la zona de baja presión del circuito y entra en el absorbedor para incorporar el vapor de agua procedente del evaporador. El diagrama de bloques puede verse en la figura 1.3 (ref.1.27).

- agua-amoniaco, donde el agua es el absorbedor y el amoniaco el refrigerante. El amoniaco líquido procedente del acumulador de reflujo del generador pasa a través de una válvula de expansión, donde se vaporiza parcialmente, y entra al evaporador, absorbiendo el calor de la zona a refrigerar. El vapor de amoniaco que sale del evaporador pasa a un absorbedor, donde es absorbido por una disolución débil de amoniaco.

La disolución concentrada de amoniaco pasa por un intercambiador de calor, donde se calienta en contracorriente con la disolución débil. Esta, después de enfriarse, entra por la parte alta del absorbedor. La disolución concentrada entra en la columna generadora (columna de destilación) que recibe calor de un hervidor, con lo cual se evapora el amoniaco. Los vapores se condensan en la parte alta de la columna y una porción del mismo retorna a la columna como reflujo, efectuándose una destilación fraccionada. Es evidente que el generador debe operar a una presión suficientemente alta, para producir la condensación del amoniaco a la temperatura del agua de refrigeración disponible. El diagrama de flujo puede verse en la figura 1.4 (ref.1.28).



## **1.4.- OBJETIVOS**

### **1.4.1.- OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general es "*el diseño de una red frigorífica para la conservación de los alimentos perecederos en países en vías de desarrollo*", con la finalidad de obtener la máxima utilidad de los recursos agrícolas, pesqueros, cárnicos y lácteos del país, garantizar el suministro y distribución de productos alimenticios perecederos a toda la población y satisfacer las necesidades alimenticias de los estratos menos favorecidos de la población.

El objetivo general incluye los siguientes objetivos parciales:

- Identificación de países en vías de desarrollo, para lo cual hay que definir qué se entiende por país en vías de desarrollo y sus características fundamentales, así como los parámetros utilizados para su identificación.
- Diseño de instalaciones frigoríficas para la conservación de los productos perecederos, para su aplicación en países en vías de desarrollo.
- Identificar entre los países en vías de desarrollo dos que, por sus características socio-económicas y localización, sean propicios para la implementación de una red frigorífica nacional, calculando las pérdidas de alimentos y en base a ellas estimar el volumen frigorífico necesario para evitar dichas pérdidas, indicando en cada uno de los países las poblaciones donde serán instalados, así como el tipo de almacén frigorífico y el volumen del mismo.
- Diseño y optimización de la red frigorífica, para lo que se seleccionarán los circuitos frigoríficos, fluidos refrigerantes y equipos, tales como compresores, condensadores, evaporadores, recipientes, válvulas más apropiados, que compondrán cada uno de los tipos de almacenes frigoríficos a instalar en los países seleccionados. Se establecerán los mecanismos electrónicos que se consideren más eficientes para la optimización del rendimiento de las instalaciones, con independencia de las condiciones ambientales, y reducir los tiempos de operación de cada instalación y los consumos de energía, aplicándolo en tres instalaciones industriales.
- Identificación de las fuentes de financiación y el acceso a las mismas como consecuencia de las necesidades crediticias de los países en vías de desarrollo, para lo cual se analizarán los distintos mecanismos para la financiación de los proyectos en estos países.

**BIBLIOGRAFÍA**

1.1 - *Le développement de la chaîne du froid dans les systèmes agricoles au Proche-Orient et en Afrique du Nord*

<https://www.fao.org/3/a-ax746f.pdf>

Le développement de la chaîne du froid dans les systèmes agricoles en Afrique Subsaharienne

<http://www.fao.org/3/a-i3950f.pdf>

1.2 - Población mundial del año 2017

<https://www.saberespractico.com/curiosidades/cuantas-personas-hay-en-el-mundo-actualmente/>

Pirámides de población del mundo desde 1950 a 2100 .

<https://www.populationpyramid.net/es/mundo/2017/>

1.3 - 2016 Global Cold Storage Capacity Report Shows Continued Growth

<http://www.gcca.org/coldcon/2016/08/19/2016-global-cold-storage-capacity-report-shows-continued-growth/>

1.4- 2014 IARW Global Cold Storage Capacity Report

<http://cold.org.gr/library/downloads/Docs/Capacity%20and%20growth%20of%20refrigerated%20warehousing%20by%20country.pdf>

Gac, A. (1991). Les technologies du froid et la conservation des aliments: un levier économique pour les pays en développement.

A.Gac - Instituto Internacional del Frío, Paris, Francia

Países desarrollados vs en vías de desarrollo | Her Campus

<https://www.hercampus.com/school/albizu/PAÍSES-desarrollados-vs-en-vias-de-desarrollo>

1.5 - Países desarrollados subdesarrollados y tercer mundistas

[http://ayudaexamenesprefeco.blogspot.com.es/2012/02/PAÍSES-desarrollados-subdesarrollados-y\\_26.html](http://ayudaexamenesprefeco.blogspot.com.es/2012/02/PAÍSES-desarrollados-subdesarrollados-y_26.html)

Población total /Data. Banco Mundial

<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>

1.6- Países en vías de desarrollo - Consumoteca

<https://www.consumoteca.com/economia-familiar/economia-y-finanzas/PAÍSES-en-vias-de-desarrollo/>

1.7 - Características de los Países en Vías de desarrollo

<https://www.caracteristicas.co/PAÍSES-en-vias-de-desarrollo/>

1.8 - Cambio climático amenaza seguridad alimentaria mundial: FAO

<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/mundo/2015/11/26/cambio-climatico-amenaza-seguridad-alimentaria-mundial-fao>

1.9 - Reducir el desperdicio alimentario en los países en vías de desarrollo mediante la refrigeración industrial - IMECHE (Institución Profesional de Ingeniería de UK)

<https://gastronomiaycia.republica.com/2014/06/30/reducir-el-desperdicio-alimentario-en-los-PAÍSES-en-vias-de-desarrollo-con-equipos-de-refrigeracion/>

1.10 - Pérdidas poscosecha: Obligados a tirar comida

[https://elpais.com/elpais/2016/10/07/planeta\\_futuro/1475831540\\_302363.html](https://elpais.com/elpais/2016/10/07/planeta_futuro/1475831540_302363.html)

1.11 - Los peces perdidos de África Occidental, Junio 2016 - Alfonso Daniels, Miren Gutiérrez

[https://porcausa.org/wp-content/uploads/2016/07/Los-peces-perdidos-de-Africa-Occidental\\_resumen-1.pdf](https://porcausa.org/wp-content/uploads/2016/07/Los-peces-perdidos-de-Africa-Occidental_resumen-1.pdf)

1.12 - Informe FAO sobre el estado mundial de la pesca y la acuicultura, 11, julio 2016;

<http://www.fishforward.eu/es/17596/>

1.13 - Pasado, presente y posible futuro de la industria pesquera

<http://www.fao.org/docrep/003/V8490S/v8490s03.htm>

1.14 - Prevención de pérdidas de alimentos poscosecha: frutas, hortalizas, raíces y tubérculos

<http://www.fao.org/docrep/T0073S/T0073S01.htm>

1.15 - Cámara frigorífica - Wikipedia, la enciclopedia libre

[https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara\\_frigor%C3%ADfica](https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_frigor%C3%ADfica)

1.16 - Sistema de refrigeración por compresión - RUA

<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17271/1/refrigeracion.pdf>

1.17 - Deterioro del Pescado- Sideshare

<https://es.slideshare.net/rogerhuarmey/deterioro-del-pescado>

1.18 - Microbiología de la carne fresca y procesada

[http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/lapb/micro\\_carnes.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/lapb/micro_carnes.pdf)

1.19 - Manual de Microbiología de los Alimentos – capítulo 11-Deterioro de las aves de corral

<http://www.unsa.edu.ar/biblio/repositorio/malim2007/11%20aves.pdf>

1.20 - Deterioro de la carne - Efectos del estrés y de las lesiones en la calidad de la carne y de los subproducto

<http://www.fao.org/docrep/005/x6909S/x6909s04.htm>

1.21 - Manual interno del Grupo Ramón Vizcaíno sobre la Industria Cárnica, Parte I Procedimientos de enfriamiento de carcasas y objetivo de la refrigeración

1.22 - Leche y productos lácteos

Editorial: A.Madrid Vicente. Ediciones Calle Almansa, 94, 28040 Madrid

<http://studylib.es/doc/13343/trabajo-sobre-la-conservaci%C3%B3n-de-alimentos-la-conservaci%C3%B3n...>

<https://www.saludalia.com/nutricion/tecnologia-alimentos-conservacion>

<http://www.sabelotodo.org/aparatos/refrigeracion.html>

1.27 - Principio de los procesos químicos- Tomo II-Hugen.Watson.Ragatz . Editorial Reverté 1964







---

## **CAPITULO 2 - PAISES EN VIAS DE DESARROLLO**

---





## **2.- PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO**

### **2.1. - CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN**

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) es un indicador creado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el fin de determinar el nivel de desarrollo que tienen los países. Su objetivo es conocer, no solo los ingresos económicos de las personas en un país, sino también evaluar si el país aporta a sus ciudadanos un ambiente donde puedan desarrollar mejor o peor su proyecto y condiciones de vida, es decir, ampliar las oportunidades de las personas para la mejora de sus vidas tanto en el ámbito educativo como laboral, material, recreativo y cultural. (ref.2.1; 2.2)

Otras formas de establecer el Desarrollo Humano es mediante los siguientes índices: Índice de Desarrollo Humano ajustado por la Desigualdad (IDH-D), Índice de Desarrollo de Género (IDG), Índice de Desigualdad de Género (GII) e Índice de Pobreza Multidimensional (IPM).

El objetivo de estos índices es conocer y comparar la situación de un conjunto de países a través de cada uno de dichos índices y distinguir si un país es desarrollado, en vías de desarrollo o subdesarrollado, así como analizar los índices de desigualdad y pobreza en los distintos países de los dos continentes que se estudian África y Latinoamérica .

#### **2.1.1 - ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH)**

El criterio más utilizado para identificar a los países en vías de desarrollo es el Índice de Desarrollo Humano (IDH), que se centra en tres dimensiones básicas "la expectativa de vida y tasa de mortalidad", en términos de longevidad y salud, "el acceso a la educación y cultura", según la tasa de alfabetización de la población adulta y los años que comprende la educación obligatoria y "el nivel de vida" (ingresos) y por tanto el poder adquisitivo conforme al PIB (producto interior bruto) a paridad de poder adquisitivo (PPA) (ref.2.3;2.3a).

El índice IDH aporta valores entre 0 y 1, siendo 0 la calificación más baja y 1 la más alta. En este sentido, la PNUD clasifica los países en tres grandes grupos: países con "alto desarrollo humano" (High Human Development) a los que se les asigna un IDH mayor de 0,80, países con "medio desarrollo humano" (Medium Human Development) cuyo IDH está comprendido entre 0,50 y 0,80 a los cuales se les considera países en vías de desarrollo y países con "bajo desarrollo humano" (Low Human Development) a los que se les aplica un IDH menor de 0,50 (ref.2.1).

**2.1.1.1 - CÁLCULO DEL INDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH)**

Para el cálculo del Índice de Desarrollo Humano IDH (ref.2.4) se toma la media geométrica de los índices de esperanza de vida, educación e ingresos

$$IDH = I_{vida}^{1/3} \times I_{educación}^{1/3} \times I_{ingresos}^{1/3}$$

Se asignan unos valores patrón mínimos y máximos (valores límites) para transformar los indicadores con valores entre 0 y 1, que servirán para cualquier país de que se trate. Los valores mínimos se consideran valores de subsistencia y se fijan en 20 años para la expectativa de vida, en cero años para las variables de educación y en US\$100 para el ingreso nacional bruto (INB) real per cápita.

Se expone un ejemplo del cálculo en la tabla 2.1, en donde se indican los parámetros básicos tomados y el proceso seguido para un caso práctico en la República Socialista de Vietnam

**Tabla 2.1 - Cálculo del IDH**

Valores límites del IDH aplicados (valores patrón)

Indicador	Máximo Observado	Mínimo Observado
Expectativa de vida al nacer	83,4 (Japón)	20
Años promedio de escolaridad	13,1 (Rep. Checa)	0
Años de expectativa de escolarización	18 (máximo)	0
Índice combinado de educación	0,978 (Nueva Zelanda)	0
INB per cápita a PPA en \$	107.721 (Qatar)	100

País de aplicación República Socialista de Vietnam

Indicador	Valor real
Expectativa de vida al nacer, en años	75,2 de ONU-DAES
Años promedio de escolaridad	5,5 de datos UNESCO
Años de expectativa de escolarización	10,4 de Inst. Estadística de UNESCO
INB per cápita a PPA en \$	2.805 Banco Mundial, FMI, Inst. Estadística UNESCO

Se define índice de la dimensión como el cociente (valor real-valor mínimo) / (valor máximo-valor mínimo)

Índice de expectativa de vida =  $(75,2 - 20) / (83,4 - 20) = 0,870$

Índice de años promedio de escolaridad =  $(5,5 - 0) / (13,1 - 0) = 0,478$

Índice de años esperados de escolarización =  $(10,4 - 0) / (18 - 0) = 0,576$

Índice de educación =  $[(\text{l.años promedio escolaridad} \times \text{l.años esperados escolaridad})^{1/2} - \text{valor mínimo}] / (\text{índice combinado de educación max} - \text{valor mínimo}) = ((0,478 \times 0,576)^{1/2} - 0) / (0,978 - 0) = 0,503$ .

Índice de Ingresos =  $(\ln \text{ INB real} - \ln \text{ INB mínimo}) / (\ln \text{ INB máximo} - \ln \text{ INB mínimo}) = (\ln 2.805 - \ln 100) / (\ln 107.721 - \ln 100) = 0,478$

Índice de desarrollo humano =  $(0,870 \times 0,503 \times 0,478)^{1/3} = 0,593$

El IDH mide el desarrollo humano en un único número que resume las capacidades económicas de un país y surge como respuesta al propósito de ofrecer un contrapunto al PIB, indicador que mide el desarrollo económico. Ello no significa que sean índices incompatibles, sino que miden cosas distintas. A pesar de que existe una relación entre el bienestar de las personas y la riqueza material, un mayor IDH no siempre coincide con un PIB más alto. No obstante, la riqueza es una medida imperfecta del desarrollo humano, aunque se pueden reubicar recursos hacia el desarrollo humano. De hecho hay países con similares PIB que tienen diferencias importantes en el IDH, lo que significa que no hay un automatismo entre crecimiento económico y desarrollo humano y que éste depende de las prioridades que conceda cada país a la forma de utilizar su potencial económico. La elaboración del IDH implica asociar a cada país un número que indica el valor que le atribuye dicho índice. Hay dos maneras de interpretar dichos valores numéricos, bien como un indicador de orden, que permite elaborar un ranking por países, o como un indicador cuantitativo, que permite, además, determinar cuál es la magnitud de la diferencia entre los grados de desarrollo de los distintos países. No obstante, aunque es el índice más utilizado para establecer la clasificación de país industrializado y en vías de desarrollo es incompleto, pues no establece diferencias entre géneros.

### **2.1.2. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO AJUSTADO POR DESIGUALDAD (IDH-D)**

El IDH ajustado por la Desigualdad (IDH-D) es una medida del nivel de desarrollo humano de las personas de una sociedad, que no solo tiene en cuenta su grado de desigualdad de las tres dimensiones salud, educación e ingresos, sino que también tiene en cuenta su distribución a lo largo de la población, penalizando el valor promedio para cada dimensión en función de lo desigual que sea. Esta medida nos permite conocer un poco más sobre el impacto de la desigualdad en el desarrollo humano. El IDH ajustado por la Desigualdad (IDH-D) es igual al IDH cuando no existe la desigualdad. Este índice permite apreciar si un cierto nivel de desarrollo para una población es alcanzado por una parte importante de la misma o solo por una minoría privilegiada (ref.2.5). El porcentaje de desviación o distribución menos

desigual a través de las distintas dimensiones, indicaría un desarrollo más sostenible a largo plazo. En los países en vías de desarrollo este índice está comprendido entre 0,6 y 0,25.

Se hace uso del concepto "Equivalente Igualmente Distribuido (A)", introducido por Atkinson (1970), que se basa en encontrar una medida de cómo sería el IDH-D sin desigualdad, a fin de poder comparar y evaluar la pérdidas por desigualdad mediante la expresión  $A = 1 - g / \mu$ , donde  $g$  es la media geométrica y  $\mu$  es la media aritmética de la distribución de cada dimensión (ref 2.6).

Los valores de "A", para cada dimensión, se obtienen a partir de encuestas y de datos publicados en diversas tablas que se indican a continuación: la "dimensión esperanza de vida" usa datos de tablas de mortalidad de ONUDAES que agrupa datos por intervalos de edad y donde se especifican tablas de mortalidad y edad promedio al morir para cada individuo, la "dimensión promedio de escolaridad" se basa en datos de encuestas en hogares plasmados en bases de datos internacionales tales como Estudio sobre Ingresos de Luxemburgo, Encuesta sobre Ingresos y Condiciones de Vida EUROSTAT de la UE, Base de Datos sobre Distribución Internacional del Ingreso de Banco Mundial etc y la "dimensión ingresos" que utiliza las bases de datos del Banco Mundial, Ingresos, Condiciones de Vida EUROSTAT de la UE y las encuestas de hogares.

#### **2.1.2.1 CÁLCULO DEL INDICE DE DESARROLLO HUMANO AJUSTADO POR DESIGUALDAD IDH-D**

Para el cálculo del Índice de Desarrollo Humano ajustado por desigualdad IDH-D (ref.2.6) se definen una serie de valores que normalizan las variables correspondientes a salud, educación e ingresos tanto por la zona superior como inferior que se denominan cortes superiores e inferiores. Los primeros incluirían salud con 83,2 años de expectativa de vida, educación con 12,6 años de promedio de instrucción y 20,6 años esperados de instrucción e ingresos con 51.200 \$ per cápita. Los de corte inferior incluirían salud con 20 años, educación cuyo promedio de años de escolaridad y los esperados por escolarización tendrán como corte inferior cero e ingresos con un equivalente al precio de una canasta básica de supervivencia que incluya elementos tales como ropa y vivienda básica. Se utiliza como límite inferior para ingresos 163\$.

En la tabla 2.2 se expone un ejemplo del cálculo, en donde se indican los parámetros básicos considerados para este caso práctico relativo a Haití.

**Tabla 2.2 - IDH ajustado por la Desigualdad (IDH-D)**

País	Expectativa de vida " H "	Expectativa de años de escolaridad "Esl"	Años promedio de escolaridad "E <sub>m</sub> "	Ingresos per cápita "I"	IDH
Haití	61,7 años	6,8 años	4,9 años	949 \$	0,404

Para el cálculo del Índice de Desarrollo Humano por Desigualdad (IDH-D), en el caso de Haití, se siguen los pasos siguientes:

- se calcula el "Equivalente Igualmente Distribuido (A)" para cada dimensión de salud, educación e ingresos obteniéndose  $A_z$ ,  $A_y$  y  $A_x$  utilizando los datos de encuestas y datos publicados en la bases de datos de PNUD o las publicaciones ya indicadas anteriormente, teniendo en cuenta que  $A_x = 1 - (X_1 \dots X_n)^{1/n} / X$ , donde  $(X_1 \dots X_n)^{1/n}$  indica la media geométrica de cada dimensión y  $X$  la media aritmética, obteniéndose los valores siguientes:

$$\text{Ingresos } A_x = 0,252$$

$$\text{Salud } A_z = 0,328$$

$$\text{Educación } A_y = 0,413$$

- se calculan los "índices de normalización de los cortes superiores" a partir de los datos de la tabla 2.3 con los cortes superiores de cada dimensión, dividiendo cada una de las variables reales de ingresos, salud y educación por los valores correspondientes a los cortes superiores, mediante las expresiones siguientes:

$$\text{Ingresos } \mu_x = I / 51.200 = 949 / 51.200 = 0,019$$

$$\text{Salud } \mu_z = H / 83,2 = 61,7 / 83,2 = 0,741$$

$$\text{Educación } \mu_y = 1/2 ( E_m / 12,6 + E_{sl} / 20,5 ) = 1/2 ( ( 4,9 / 12,6 ) + ( 6,8 / 20,5 ) ) = 0,361$$

- se calculan los " índices de desigualdad g" para cada dimensión con la expresión obtenida a partir de la ecuación  $A = 1 - g / \mu$  como se indica a continuación:

$$\text{ingresos } g_x = \mu_x (1 - A_x) = 0,019 (1 - 0,252) = 0,014$$

$$\text{salud } g_z = \mu_z (1 - A_z) = 0,741 (1 - 0,328) = 0,498$$

$$\text{educación } g_y = \mu_y (1 - A_y) = 0,361 (1 - 0,413) = 0,212$$

- para el cálculo del "Índice de Desarrollo Humano Ajustado por Desigualdad IDH-D" se utiliza " $H_1$ " la media geométrica de los valores del ajuste de la dimensión según la desigualdad  $g$ " y " $H_1^*$ " la media geométrica de los índices de normalización de los cortes superiores  $\mu$ " aplicando la expresiones siguientes:

$$H_1 \text{ (HDI-D sin transformación logarítmica)} = (g_x \times g_y \times g_z)^{1/3} = (0,014 \times 0,212 \times 0,498)^{1/3} = 0,114$$

$$H_1^* \text{ (HDI potencial)} = (\mu_x \times \mu_y \times \mu_z)^{1/3} = (0,019 \times 0,361 \times 0,741)^{1/3} = 0,171$$

$$\text{Pérdida de IDH debido a la desigualdad} = 1 - H_1 / H_1^* = 1 - 0,114 / 0,171 = 33\%$$

$$\begin{aligned} \text{Cálculo del IDH-D ajustado por desigualdad} &= (H_1 / H_1^*) \times \text{IDH} = \\ &= (0,114 / 0,171) \times 0,404 = 0,269 \end{aligned}$$

Este índice permite saber si un cierto nivel de desarrollo para una población es alcanzado por una parte importante de la misma o sólo por una minoría privilegiada. Es un índice muy útil para medir la distancia con el IDH que puede alcanzar un país determinado si tuviera una mejor distribución de dicho desarrollo. Cuanto menor sea la desigualdad, mayores oportunidades tendrán la mayor parte de la población en acceder a salud y educación de mayor calidad, repercutiendo directamente en un mayor desarrollo humano. Para ilustrar la utilidad del IDH-D se comparan dos países como México con un IDH de 0,762 y un IDH-D de 0,587 lo que significa una desviación del 23%  $[(0,762 - 0,587 / 0,762) \times 100]$  y Jamaica con un IDH de 0,730 y un IDH-D de 0,609 resultando una desviación del 17%  $[(0,730 - 0,609 / 0,730) \times 100]$ . Si se considera la igualdad como objetivo deseable se observa, al considerar la distribución al interior de la población, que aunque México tiene un IDH mayor que Jamaica, sin embargo la desigualdad es menor en Jamaica (17%) que en México (23%), por lo que Jamaica está más cerca de lograr su IDH potencial que México. El IDH-D es el nivel real de desarrollo humano teniendo en cuenta la desigualdad, mientras que el IDH puede ser visto como el potencial índice de desarrollo humano que se podría alcanzar de no haber desigualdad.

### 2.1.3- ÍNDICE DE DESARROLLO DE GÉNERO (IDG)

El Índice de Desarrollo de Género (IDG) (ref.2,7) compara los valores del IDH para mujeres y hombres. El IDG ajusta el progreso medio de una sociedad para reflejar las desigualdades entre hombres y mujeres, en las dimensiones siguientes: una vida larga y saludable medida por la expectativa de vida al nacer, conocimientos medidos por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa combinada de matriculación primaria y secundaria y por último un nivel de vida decoroso, medido por la estimación de ingresos proveniente del trabajo.

### 2.1.3.1 - CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DESARROLLO DE GÉNERO (IDG)

El cálculo del Índice de Desarrollo de Género IDG (ref.2.8) ha sido aplicado a Botswana (África) como país tipo, tomando como base los parámetros patrón que se indican en la tabla 2.3. Para su determinación se consideran separadamente mujeres y hombres y las tres dimensiones "expectativa de vida, educación e ingresos".

**Tabla 2.3 - Índice de Desarrollo de Género aplicado a Botswana (África)**

Valores límites del IDG aplicados (valores patrón)

Indicador	Valor máximo	Valor mínimo
Expectativa de vida al nacer, mujeres (años)	87,5	27,5
Expectativa de vida al nacer, hombre (años)	82,5	22,5
Tasa de alfabetización de adultos (%)	100	0
Tasa bruta combinada de matriculación (%)	100	0
Cálculo de ingresos percibidos (PPA en \$)	40.000	100

El cálculo del IDG se realiza para cada dimensión calculando previamente los Índices que se definen a continuación:

- en primer lugar "el índice para el progreso" para cada dimensión por separado para mujeres y hombres mediante la expresión

(a) Índice para el progreso = (valor real-valor mínimo) / (valor máximo-valor mínimo).

- en segundo lugar "el índice igualmente distribuido" para lo cual se combinan los índices para el progreso de mujeres y hombres de cada dimensión, resultando una medida conjunta que penaliza la desigualdad mediante la expresión

(b) Índice igualmente distribuido =  $\{(\text{proporción de población femenina}) \times (\text{índice expectativa de vida femenino})^{-1} + (\text{proporción de población masculina}) \times (\text{índice de expectativa de vida masculino})^{-1}\}^{-1}$ .

- una vez calculados estos dos índices para cada dimensión, "el Índice de Desarrollo de Género IDG" resulta combinando los índices igualmente distribuidos para las tres dimensiones mediante una media aritmética con la expresión

(c) IDG =  $1/3$  (índice igualmente distribuido de expectativa de vida) +  $1/3$  (índice igualmente distribuido de educación) +  $1/3$  (índice igualmente distribuido de ingresos).



El cálculo del Índice de Desarrollo de Género (IDG), en el caso de Botswana, se calcula siguiendo el procedimiento expuesto para cada una de las dimensiones consideradas.

- Dimensión de "Expectativa de Vida"

- para el cálculo de los "índices para el progreso" de mujeres y hombres se ha utilizado la expresión (a) y los valores del país recogidos en la tabla 2.3, como se muestra en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4 - Cálculo del índice de progreso para la dimensión de expectativa de vida**

Datos de Botswana	Mujeres	Hombres
Expectativa de vida	48,4	47,6
Índice de expectativa de vida para el progreso	$(48,4-27,5) / (87,5-27,5) = 0,348$	$(47,6-22,5) / (82,5-22,5) = 0,419$

- para el cálculo de "el índice igualmente distribuido" se combinan los índices para el progreso de mujeres y hombres, utilizando la expresión (b) y la proporción de mujeres y hombre existente en el país como se muestra en la tabla 2.5.

**Tabla 2.5 Cálculo del índice igualmente distribuido para la dimensión de expectativa de vida**

Datos de Botswana	Mujeres	Hombres
Proporción en la población	0,504	0,496
Índice de expectativa de vida para el progreso	0,348	0,419
Índice de expectativa de vida igualmente distribuido: $[(0,504 \times 0,348^{-1}) + (0,496 \times 0,419^{-1})] = 0,380$		

- Dimensión de "Educación"

- inicialmente se calculan los "índices para la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta de matriculación en primaria y secundaria por separado para mujeres y hombres" mediante encuestas o datos facilitados por el Ministerio de Educación del país, los cuales se muestran en la tabla 2.6.

**Tabla 2.6 - Tasa de alfabetización y matriculación**

Datos de Botswana	Mujeres	Hombres
Tasa de alfabetización de adultos	81,8%	80,4%
Índice de alfabetización de adultos:	0,818	0,804
Tasa bruta de matriculación:	70,1%	69,0%
Índice bruto de matriculación:	0,701	0,690

- para el cálculo de los "índices para el progreso" de mujeres y hombres para la dimensión de educación se otorga una ponderación de dos terceras partes al índice de alfabetización de adultos y de una tercera parte al índice bruto de matriculación.

Índice de la educación para el progreso =  $\frac{2}{3}$  (índice de alfabetización de adultos) +  $\frac{1}{3}$  (índice bruto de matriculación)

Índice de la educación de mujeres para el progreso =  $\frac{2}{3}$  (0,818) +  $\frac{1}{3}$  (0,701) = 0,779

Índice de la educación de hombres para el progreso =  $\frac{2}{3}$  (0,804) +  $\frac{1}{3}$  (0,69) = 0,766

- para el cálculo de "el índice igualmente distribuido" se combinan los índices obtenidos por separado para el progreso de mujeres y hombres, utilizando la expresión (b) y la proporción de mujeres y hombre existente en el país, como se muestra en la tabla 2.7.

**Tabla 2.7 - Cálculo del índice igualmente distribuido**

Datos de Botswana	Mujeres	Hombres
Proporción en la población	0,504	0,496
Índice de la educación para el progreso	0,779	0,766
Índice de la educación igualmente distribuido: $[(0,504 \times 0,779^{-1}) + (0,496 \times 0,776^{-1})] = 0,773$		

- Dimensión de "Ingresos"

- en principio se recaba la información de los ingresos percibidos (US\$) por mujeres y hombres en Botswana., que se muestra en la tabla 2.8.

**Tabla 2.8 - Valores de los ingresos reales por género**

Ingresos reales percibidos (\$)	
Mujeres	Hombres
5.913	19.094

- para el cálculo de los "índices para el progreso" de mujeres y hombres se ha utilizado la expresión (a), pero ajustando los ingresos utilizando el logaritmo de los ingresos percibidos ( en US\$) mediante la expresión siguiente y la tabla 2.3.

índice de los ingresos para el progreso =  $[\log (\text{valor real}) - \log (\text{valor mínimo})] / [\log (\text{valor máximo}) - \log (\text{valor mínimo})]$

Índice de ingresos de la mujeres para el progreso =  $((\log (5.913) - \log (100)) / ((\log (40.000) - \log (100))) = 0,681$

Índice de ingresos de los hombres para el progreso =  $((\log (19.094) - \log (100)) / ((\log (40.000) - \log (100))) = 0,877$

- para el cálculo de "el índice igualmente distribuido" se combinan los índices obtenidos por separado de ingresos de mujeres y hombres para el progreso, utilizando la expresión (b) y la proporción de mujeres y hombres existente, que se muestra en la tabla 2.9

**Tabla 2.9 Cálculo del índice igualmente distribuido para la dimensión de ingresos**

Datos de Botswana	Mujeres	Hombres
Proporción en la población	0,504	0,496
Índice de ingresos para el progreso	0,681	0,877
Índice de ingresos igualmente distribuidos: $[(0,504 \times 0,681^{-1}) + (0,496 \times 0,877^{-1})] = 0,766$		

- El "Índice de Desarrollo de Género (IDG)" se calcula como el promedio no ponderado de los tres índices igualmente distribuidos calculados.

$IDG = 1/3 (\text{el índice de expectativa de vida igualmente distribuido}) + 1/3 (\text{el índice de expectativa de vida igualmente distribuido}) + 1/3 (\text{el índice de ingresos igualmente distribuidos}) = 1/3 (0,380) + 1/3 (0,773) + 1/3 (0,766) = 0,639$

El IDH mide el progreso medio de los habitantes de un país, ignorando la desigualdad de género. Este parámetro constituye un elemento fundamental si se quiere determinar el desarrollo de un país y compararlo con otros. El Índice de Desarrollo de Género IDG lo planteó la ONU, con el objetivo de disponer de

una medida del progreso social que, basándose en los mismas dimensiones que el IDH, ajustara el progreso medio para reflejar las desigualdades entre hombres y mujeres. Cuanto mayor es el valor del IDG menor es la desigualdad social y económica entre el hombre y la mujer. La diferencia entre el IDH y el IDG indica la desigualdad de género, cuyo valor se utiliza para hacer la comparación con otros países o para ver como evoluciona un mismo país a través de los años. Una forma más exacta de medir la discriminación de género existente entre dos países es hacerlo con el índice de vida, educación o ingresos obtenido con el IDH y los mismos índices igualmente distribuidos resultantes del IDG, de forma que si la diferencia disminuye implicaría una mejora en la igualdad de la dimensión correspondiente. Este cálculo se puede aplicar igualmente para ver la discriminación entre hombre y mujeres para distintos países, mediante la diferencia entre el índice de la dimensión a valorar referida a hombres o a mujeres - resultado del IDG - y el índice igualmente distribuido obtenido con el IDG. (ref. 2.7).

#### **2.1.4 - ÍNDICE DE DESIGUALDAD DE GÉNERO (GII)**

El Índice de Desigualdad de Género refleja la desventaja de la mujer respecto al hombre y mide las desigualdades de género en tres dimensiones importantes del desarrollo humano, como son "la salud reproductiva", que se mide por la tasa de mortalidad materna y la tasa de fecundidad entre las adolescentes; "el empoderamiento", que se valora separadamente para hombres y mujeres, por la proporción de escaños parlamentarios ocupados y la proporción de adultos de 25 años o más que han cursado como mínimo la enseñanza secundaria; y "la situación económica", que se determina por separado para ambos géneros, expresada como la participación en el mercado laboral y medida según la tasa de participación en la fuerza de trabajo de personas de 15 años o más.

El GII es una metodología desarrollada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), que transforma estas dimensiones en un índice que constituye un avance importante para las medidas sobre igualdad de género disponibles. Medir las desventajas que enfrentan las mujeres genera conciencia en torno a estos problemas, permite vigilar el progreso para conseguir los objetivos de equidad de género e impulsa a los gobiernos a asumir responsabilidades. Este índice fluctúa entre 0, cuando no hay desigualdad en las dimensiones incluidas, es decir, que la mujer tiene igualdad plena con el hombre y 1 cuando la desigualdad es total (ref.2.9; 2.10).

### 2.1.4.1 - CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DESIGUALDAD DE GÉNERO

El cálculo del Índice de Desigualdad de Género GII(ref.2.11) ha sido aplicado a Lesotho (África) como país tipo, tomando como base los parámetros que se indican en la tabla 2.10. Las fuentes de información de estos parámetros son las siguientes:

- Tasa de mortalidad materna (MMR), que se define como el número anual de muertes de mujeres en edad fértil de 15 a 49 años por cada 100.000 nacidos vivos, por cualquier causa relacionada con o agravada por el embarazo o su manejo. Las distintas fuentes de estos datos pueden ser obtenidos a través de OMS, UNICEF, UNFPA y Banco Mundial
- Tasa de fecundidad de adolescentes (AFR), que se define como los nacimientos por cada 1.000 mujeres entre 15 y 19 años. Las cifras de la tasa de fecundidad se pueden obtener de ONU-DAES
- Proporción de escaños en el parlamento por género (PR). La base de datos más utilizada es Parline de la Unión Interparlamentaria
- Niveles de logro en educación secundaria y superior (SE). La fuente de datos más eficaz es el Instituto de Estadística de la UNESCO
- Tasa de participación en el mercado laboral (LFPR), se define como el tanto por ciento de población entre 15 y 64 años. Los valores correspondientes a esta tasa se obtienen a través de OIT.

**Tabla 2.10: Índice por Desigualdad de Género aplicado a Lesotho (África)**  
Valores patrón aplicados para el cálculo

	Salud		Empoderamiento		Mercado laboral
	Tasa mortalidad materna MMR	Tasa fecundidad adolescent e AFR	Representación parlamentaria PR <sub>M</sub> (mujeres) PR <sub>H</sub> (hombres)	Logros educación secundaria superior SE <sub>M</sub> (mujeres) SE <sub>H</sub> (hombres)	Tasa de participación en el mercado laboral LFPR <sub>M</sub> (mujeres) LFPR <sub>H</sub> (hombres)
Mujeres ( <sub>M</sub> )	530	73,5	0,229	0,243	0,719
Hombre ( <sub>H</sub> )			0,771	0,203	0,787

El "Índice de Desigualdad de Género (GII)" se obtiene mediante el cálculo de dos índices conocidos como "Índice Igualmente Distribuido" y el "Índice del Factor de Agregación" tal como se expone a continuación, tomando como base de cálculo el caso de Lesotho.

- El "Índice Igualmente Distribuido" es el índice resultante de la combinación (agregación) por separado para mujeres y hombres de las tres dimensiones.

referido a mujeres

- Salud Reproductiva - la salud reproductiva comprende dos indicadores, tasa de mortalidad materna (MMR) y tasa de fertilidad de adolescentes (AFR), ambos se combinan en un solo indicador ( $G_{MS}$ ) mediante la expresión

$$G_{MS} = (10 / (MMR \times AFR))^{1/2} = (10 / (530 \times 73,5))^{1/2} = 0,01602$$

- Empoderamiento - el empoderamiento lo forman dos indicadores, la representación parlamentaria (PR) y la educación (SE) que se combinan en un solo indicador  $G_{ME}$ , mediante una media geométrica resultando

$$G_{ME} = (PR_M \times SE_M)^{1/2} = (0,229 \times 0,243)^{1/2} = 0,2359$$

- Tasa de Actividad en el Mercado Laboral (LFPR) - esta tasa es un solo indicador  $G_{MA} = 0,719$

La combinación de las tres dimensiones para las mujeres es una media geométrica de los valores obtenidos, resultando  $G_M = (G_{MS} \times G_{ME} \times G_{MA})^{1/3} = (0,01602 \times 0,2359 \times 0,719)^{1/3} = 0,1395$

referido a hombres

- Salud Reproductiva - la salud reproductiva como no es aplicable a hombres se le asigna un valor de uno, resultando  $G_{HS} = 1$

- Empoderamiento - el tratamiento es igual que en el caso de las mujeres, resultando

$$G_{HE} = (PR_H \times SE_H)^{1/2} = (0,771 \times 0,203)^{1/2} = 0,3956$$

- Tasa de Actividad en el Mercado Laboral (LFPR) - igual que en el caso de mujeres, resultando

$$G_{HA} = 0,787$$

La combinación de las tres dimensiones para los hombres es una media geométrica de los valores obtenidos, resultando  $G_H = (G_{HS} \times G_{HE} \times G_{HA})^{1/3} = (1 \times 0,3956 \times 0,787)^{1/3} = 0,6777$

El "Índice Igualmente Distribuido" se calcula mediante una media armónica de los indicadores por dimensión para cada género  $G_M$  y  $G_H$  resultando,

$$IID(G_M, G_H) = ((G_M^{-1} + G_H^{-1}) / 2)^{-1} = 2 \times (1 / 0,1395 + 1 / 0,6777)^{-1} = 0,2314$$

- El "Índice del Factor de Agregación" es el índice resultante de la combinación (agregación) conjunta para mujeres y hombres de las tres dimensiones.

- Salud - resulta de la media aritmética de los valores obtenidos ( $G_{MS}$  y  $G_{HS}$ ) para esta dimensión en el cálculo para el Índice Igualmente Distribuido, resultando

$$\text{Salud} = (G_{MS} + G_{HS}) / 2 = (G_{MS} + 1) / 2 = (0,01602 + 1) / 2 = 0,508$$

- Empoderamiento - se procede igual que para la dimensión salud, resultando

$$\text{Empoderamiento} = (G_{ME} + G_{HE}) / 2 = (0,2359 + 0,3956) / 2 = 0,3157$$

- Tasa de Actividad en el Mercado Laboral - se procede igual que para la dimensión salud, resultando

$$\text{Mercado Laboral} = (G_{MA} + G_{HA}) / 2 = (0,719 + 0,787) / 2 = 0,753$$

El "Índice del Factor de Agregación" se calcula mediante una media geométrica de los indicadores por dimensión calculados, resultando

$$G_{MH} = ( \text{salud} \times \text{empoderamiento} \times \text{mercado laboral} )^{1/3} = (0,508 \times 0,3116 \times 0,753)^{1/3} = 0,4943$$

- El cálculo del "Índice de Desigualdad de Género (GII)" se realiza comparando el Índice Igualmente Distribuido IID( $I_M, I_H$ ) con el Índice del Factor de Agregación  $G_{M,H}$ , resultando

$$GII = 1 - (IID(I_M, I_H) / G_{M,H}) = 1 - (0,2314 / 0,4943) = 0,5317$$

Este valor significa una pérdida del 53,17% que sufre el país estudiado en desarrollo humano a lo largo de las tres dimensiones - salud, empoderamiento y tasa de actividad en el mercado laboral - debidas a la desigualdad de género (ref. 2.12). El método asegura que una baja aptitud en un área no pueda ser compensada del todo por un buen resultado en otra. El Índice de Desigualdad de Género se basa en el mismo marco que el IDH-D, a fin de reflejar mejor las diferencias en la distribución de los logros entre mujeres y hombres y valorar el costo que supone la desigualdad de género para el desarrollo humano; así pues, cuanto más alto sea el valor del Índice de Desigualdad de Género, más disparidades habrá entre hombres y mujeres y también más pérdidas en desarrollo humano. (ref.2.10). El África Subsahariana, el Sur de Asia y los Estados Árabes sufren las mayores pérdidas por desigualdad de género. Los patrones regionales muestran que la salud reproductiva es la principal causante de la desigualdad de género en todo el mundo. Las mujeres que viven en el África Subsahariana, con una brutal pérdida del 99 por cien, se ven afectadas principalmente en esta dimensión y por un empoderamiento débil, al igual que Latinoamérica y el Caribe con una pérdida del 96 por cien. Este índice tiene sus limitaciones pues utiliza la representación parlamentaria nacional, que excluye la participación a nivel de gobiernos locales y en otros ámbitos de la vida comunitaria y pública. Asimismo, la dimensión del mercado laboral no cuenta con suficiente información sobre ingresos, empleo y trabajo no remunerado realizado por mujeres. El índice no incluye otras dimensiones importantes, como el hecho de que muchas mujeres tienen la carga adicional de los cuidados y las tareas domésticas, la propiedad de bienes, la participación en la toma de decisiones comunitarias, principalmente debido a la disponibilidad limitada de datos en estas áreas(ref.2.12). Este índice al igual que el Índice de Desarrollo de Género son de gran importancia a tener en cuenta en países donde agricultura y pesca son vitales para el desarrollo de los mismos y la aportación de la mujer en el trabajo contribuye en gran medida a ello.

### 2.1.5. EL ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL (IPM)

El Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) mide las dimensiones de la pobreza no referidas a los ingresos, siguiendo la metodología de Alkire y Foster (Universidad de Oxford-Oxford Poverty&Human Development Initiative) (ref.2.13).

El valor del IPM es el resultado del producto de dos medidas, "la tasa de incidencia multidimensional H" y "la intensidad o amplitud de la pobreza A". El IPM trabaja con 3 dimensiones y 10 indicadores, como se puede ver en la tabla 2.6

La tasa de incidencia H, sirve para conocer el número de casos que se han producido de un evento determinado en un período de tiempo concreto y en el caso del IPM es la proporción de la población multidisciplinar pobre y se define como  $H=q/n$ , donde q es el número de personas totales de los hogares multidimensionalmente pobres y n es la población total de hogares pobres y no pobres.

La intensidad de la pobreza, A, refleja la proporción de los indicadores de los componentes ponderados. Solo se aplica a los hogares pobres y se define mediante la expresión  $A = \sum (q \times c) / (\sum (q) \times d)$  donde c es el número total de privaciones ponderadas de los hogares pobres y d es el número total de indicadores del componente considerado (10 en este caso).

Los 10 parámetros o indicadores tienen una ponderación distinta según el grupo, 5/3 para los parámetros de educación y salud y 5/9 para los de nivel de vida. Los 10 indicadores (agrupados en los 3 aspectos básicos) que se usan para calcular el IPM son los siguientes:

- Educación (ponderación de los parámetros 1 y 2 de 5/3).
  1. Años de escolarización - si ningún miembro del hogar ha completado cinco años de escolaridad.
  2. Niños escolarizados - si al menos un niño en edad escolar no está matriculado en la escuela.
- Asistencia sanitaria - salud (ponderación de los parámetros 3 y 4 de 5/3).
  3. Mortalidad infantil - si un niño o más han muerto en la familia
  4. Nutrición - si un adulto o niño del hogar está desnutrido.
- Nivel de vida - bienestar social (ponderación de los parámetros 5 al 10 de 5/9).
  5. Electricidad - si el hogar no tiene electricidad.
  6. Saneamiento - si no tienen un baño con condiciones suficientes o si su baño es compartido (según la definición MDG).
  7. Agua potable - si el hogar no tiene acceso a agua potable o el agua potable está a más de 30 minutos caminando desde el hogar (Definición MDG).
  8. Suelo - si el piso del hogar tiene suciedad, es de arena, tierra o estiércol
  9. Combustible de hogar - si se cocina con leña, carbón o estiércol
  10. Bienes - si el hogar no tiene auto, camión o vehículo motorizado similar y posee solo uno de estos bienes: bicicleta, motocicleta, radio, refrigerador, teléfono o TV (ref.2.14).



### 2.1.5.1 - CÁLCULO DEL ÍNDICE DE POBREZA MULTIDIMENSIONAL (IPM)

El cálculo del Índice de Pobreza Multidimensional ha sido aplicado a un país hipotético, pues se han considerado cuatro hogares y para aplicarlo a un país en concreto habría que tener una encuesta completa hecha en el país, en un porcentaje de hogares suficiente como para considerarlo válido, por lo que en el ejemplo que se expone en la tabla 2.11 (ref. 2.14; 2.15) se desarrolla con los parámetros que en ella se indican.

**Tabla 2.11 - Ejemplo de cálculo de Índice de Pobreza Multidimensional**

DIMENSIONES		HOGARES				PONDERACIONES
		1	2	3	4	
	Tamaño del hogar (nº de personas)	4	7	5	4	
	INDICADORES	PRIVACIONES				
Salud						
	Por lo menos un miembro del hogar está desnutrido	0	0	1	0	$5/3=1,67$
	Uno o más niños han muerto	1	1	0	1	$5/3=1,67$
Educación						
	Ningún miembro del hogar completó cinco años de educación	0	1	0	1	$5/3=1,67$
	Al menos un niño en edad escolar no está matriculado en la escuela	0	1	0	0	$5/3=1,67$
Nivel de vida						
	Sin electricidad	0	1	1	1	$5/9 = 0,56$
	Sin acceso a agua potable	0	0	1	0	$5/9 = 0,56$
	Sin acceso a saneamiento adecuado	0	1	1	0	$5/9 = 0,56$
	Vivienda con piso de tierra	0	0	0	0	$5/9 = 0,56$
	Hogar que usa para cocinar combustible contaminante (leña, estiércol carbón)	1	1	1	1	$5/9 = 0,56$
	Hogar que no tiene auto, camión o vehículo motorizado similar y posee solo uno de estos bienes: bicicleta, motocicleta, radio, refrigerador, teléfono o TV	0	1	0	1	$5/9 = 0,56$
	<b>Total Indicadores = 10</b>					<b><math>\Sigma = 10</math></b>
	Cálculo ponderado de privación, c (suma de cada privación multiplicado por su ponderador)	2,2	7,2	3,9	5	
	El hogar es pobre si $c > 3,33$	no	sí	sí	sí	

#### Nota

0 indica que no hay privación

1 indica que sí hay privación en el indicador

-El total de ponderaciones es  $10 = 4 \times 5/3 + 5 \times 5/9$

-Persona pobre es aquella que no tiene al menos un 33% de los indicadores ponderados, por ello si  $c > 3,33$  el hogar es pobre.

-Se define como hogar pobre aquel que tiene unos ingresos per cápita que les permite cubrir sus necesidades básicas alimentarias y no alimentarias, o sea, su ingreso per cápita es superior a la línea de pobreza definida por cada país

- Cálculo ponderado de privaciones en cada hogar

hogar 1 →  $(1 \times 5/3) + (1 \times 5/9) = 2,22$  al ser  $< 3,33$  "**NO** es un hogar pobre"

hogar 2 →  $(1 \times 5/3) + (1 \times 5/3) + (1 \times 5/3) + (1 \times 5/9) + (1 \times 5/9) + (1 \times 5/9) + (1 \times 5/9) = 7,22$  "**SI** es un hogar pobre"

hogar 3 →  $(1 \times 5/3) + (1 \times 5/9) + (1 \times 5/9) + (1 \times 5/9) + (1 \times 5/9) = 3,89$  "**SI** es un hogar pobre"

hogar 4 →  $(1 \times 5/3) + (1 \times 5/3) + (3 \times 5/9) + (3 \times 5/9) + (3 \times 5/9) = 5,0$  "**SI** es un hogar pobre"

- La Tasa de Incidencia (H) se calcula como el cociente entre el número de casos nuevos de un evento y el número de personas en riesgo de desarrollar ese evento en un período concreto. En el caso del IPM sería el cociente entre el número de personas que pertenecen a los hogares pobres y el número total de personas de hogares pobres y no pobres.

$H = (7+5 + 4) / (4 + 7 + 5 + 4) = 0,80$  (80% de las personas viven en hogares pobres)

- La Intensidad de la Pobreza (A) se calcula como la suma de los productos del cálculo ponderado de privaciones de cada hogar pobre por el número de personas de cada hogar pobre dividida entre el número total de personas de los hogares pobres.

$A = [(7,22 \times 7) + (3,89 \times 5) + (5 \times 4)] / [(7 + 5 + 4) \times 10] = 0,56$  (la persona pobre promedio está sujeta a privaciones en el 56% de los indicadores ponderados).

- El Índice de Pobreza Multidisciplinar (IPM) que se calcula como el producto de la Tasa de Incidencia (H) por la Intensidad de la Pobreza (A)

$IPM = H \times A = 0,8 \times 0,56 = 0,45$

representa que el 45% de la población está sujeta a la pobreza multidimensional, ajustada por la intensidad de las privaciones sufridas.

El IPM es una forma complementaria de medir la pobreza monetaria, pues lo que se incluye en el IPM son las dimensiones no consideradas en el enfoque dinerario. Desde esta perspectiva, el IPM ayuda a ver en qué otras dimensiones distintas de la capacidad económica de personas, familias o países hay carencias y puede conducir a las soluciones sectoriales de las mismas. Como herramienta de control de la política social, el IPM calculado a lo largo del tiempo permite ver los cambios en las condiciones de las familias en cada una de las dimensiones y por tanto permitirá un mejor enfoque en las políticas sectoriales. El uso del IPM como medida oficial de pobreza que sirva entre otros usos para la focalización de programas sociales, requiere de un proceso tanto político como técnico. Político, pues se deben cambiar la forma de medición de la pobreza, sabiendo que actualmente la medición aceptada por todos es la monetaria; y técnico porque esas decisiones deben estar plasmadas en las encuestas con la rigurosidad metodológica y la periodicidad necesaria (ref.2.15). El IPM tiene su punto fuerte

en la presentación de los resultados, lo que ayuda a ordenar la forma de implementar programas sociales, que apunten a las necesidades de las personas que viven en la pobreza, ya sea de forma geográfica o demográfica. Puede utilizarse para comparar la incidencia y la intensidad de la pobreza entre países.

## 2.2 - TABLA IDENTIFICATIVA DE LOS ÍNDICES POR ZONAS Y PAÍSES

En la tabla 2.12 (ref.2.16) se muestran los Índices de Desarrollo Humano (IDH), el Índice de Desarrollo Humano ajustado por Desigualdad, Pérdida Total % (desviación), Índice de Desarrollo de Género (IDG), Índice de Desigualdad de Género (GII) y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) para distintas zonas de África y Latinoamérica, zonas en las que se fundamenta este trabajo y sus países en vías de desarrollo.

Las zonas establecidas en la tabla 2.12 corresponden a la división hecha por la FAO atendiendo a la localización geográfica de cada país en cada uno de los dos continentes considerados, así como en las distintas publicaciones sobre producciones de productos alimentarios precederos. Los países que se reflejan en dicha tabla son los que se consideran en vías de desarrollo, de acuerdo con el Índice de Desarrollo Humano (IDH).

**TABLA 2.12 ÍNDICES DE IDENTIFICACIÓN PARA PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO EN ÁFRICA Y LATINOAMÉRICA**

	IDH (1)	IDH-D (2)	% (3)	IDG (4)	GII (5)	IPM (6)	P.I.B \$ (7)
<b>ÁFRICA DEL NORTE</b>							
Argelia	0,745			0,854	0,429		3.902
Túnez	0,725	0,562	22%	0,904	0,289	0,006	3.690
Libia	0,716			0,95	0,167	0,005	2.946
Egipto	0,691	0,491	29%	0,884	0,565	0,016	3.686
Marruecos	0,647	0,456	30%	0,826	0,494	0,069	3.004
<b>ÁFRICA CENTRAL</b>							
Gabón	0,697	0,531	24%	0,923	0,542	0,073	7.082
G. Ecuatorial	0,592						8.332
Rep. del Congo	0,592	0,446	25%	0,932	0,592	0,192	1.528
Santo Tomé	0,574	0,432	25%	0,907	0,524	0,217	1.756
Camerún	0,518	0,348	33%	0,853	0,568	0,26	1.375
Rep.Democr.Congo	0,435	0,297	32%	0,832	0,663	0,369	499
Chad	0,396	0,328	17%	0,765	0,695	0,545	698
Rep. Centrafric.	0,352	0,199	43%	0,776	0,648	0,424	382
<b>ÁFRICA DEL ESTE</b>							
Kenia	0,555	0,391	30%	0,919	0,565	0,166	1.455
Tanzania	0,531	0,396	25%	0,937	0,544	0,335	858
Ruanda	0,498	0,339	32%	0,992	0,383	0,253	711
Sudán	0,49			0,839	0,575	0,29	2.415
Uganda	0,493	0,341	31%	0,878	0,522	0,359	692
Yibuti	0,473	0,310	34%			0,127	1.862

<b>Etiopia</b>	<b>0,448</b>	<b>0,330</b>	<b>26%</b>	<b>0,842</b>	<b>0,499</b>	<b>0,537</b>	<b>802</b>
<b>Eritrea</b>	<b>0,42</b>						<b>756</b>
<b>Burundi</b>	<b>0,404</b>	<b>0,276</b>	<b>32%</b>	<b>0,919</b>	<b>0,474</b>	<b>0,442</b>	<b>286</b>
<b>Somalia</b>						<b>0,6</b>	<b>481</b>
<b>ÁFRICA SUR</b>							
<b>Seychelles</b>	<b>0,782</b>						<b>15.075</b>
<b>Botsuana</b>	<b>0,698</b>						<b>6.924</b>
<b>Sudáfrica</b>	<b>0,666</b>	<b>0,435</b>	<b>35%</b>	<b>0,962</b>	<b>0,394</b>	<b>0,041</b>	<b>5.316</b>
<b>Namibia</b>	<b>0,64</b>	<b>0,415</b>	<b>35%</b>	<b>0,986</b>	<b>0,474</b>		<b>4.414</b>
<b>Zambia</b>	<b>0,579</b>	<b>0,373</b>	<b>36%</b>	<b>0,924</b>	<b>0,526</b>	<b>0,264</b>	<b>1.262</b>
<b>Angola</b>	<b>0,533</b>	<b>0,336</b>	<b>37%</b>				<b>3.309</b>
<b>Zimbabue</b>	<b>0,516</b>	<b>0,369</b>	<b>28%</b>	<b>0,927</b>	<b>0,54</b>	<b>0,128</b>	<b>1.029</b>
<b>Madagascar</b>	<b>0,512</b>	<b>0,374</b>	<b>27%</b>	<b>0,948</b>		<b>0,42</b>	<b>402</b>
<b>Comoras</b>	<b>0,497</b>	<b>0,27</b>	<b>46%</b>	<b>0,817</b>		<b>0,165</b>	<b>775</b>
<b>Lesotho</b>	<b>0,497</b>	<b>0,320</b>	<b>36%</b>	<b>0,962</b>	<b>0,549</b>	<b>0,227</b>	<b>1.108</b>
<b>Malawi</b>	<b>0,476</b>	<b>0,328</b>	<b>31%</b>	<b>0,921</b>	<b>0,614</b>	<b>0,273</b>	<b>292</b>
<b>Mozambique</b>	<b>0,418</b>	<b>0,280</b>	<b>33%</b>	<b>0,879</b>	<b>0,574</b>	<b>0,39</b>	<b>391</b>
<b>ÁFRICA OESTE</b>							
<b>Cabo Verde</b>	<b>0,648</b>	<b>0,518</b>	<b>20%</b>				<b>3.086</b>
<b>Ghana</b>	<b>0,579</b>	<b>0,391</b>	<b>32%</b>	<b>0,899</b>	<b>0,547</b>	<b>0,147</b>	<b>1.517</b>
<b>Nigeria</b>	<b>0,527</b>	<b>0,328</b>	<b>38%</b>	<b>0,847</b>		<b>0,279</b>	<b>2.180</b>
<b>Mauritania</b>	<b>0,513</b>	<b>0,347</b>	<b>32%</b>	<b>0,818</b>	<b>0,626</b>	<b>0,291</b>	<b>1.102</b>
<b>Senegal</b>	<b>0,494</b>	<b>0,331</b>	<b>33%</b>	<b>0,886</b>	<b>0,521</b>	<b>0,278</b>	<b>955</b>
<b>Togo</b>	<b>0,487</b>	<b>0,332</b>	<b>32%</b>	<b>0,841</b>	<b>0,556</b>	<b>0,242</b>	<b>578</b>
<b>Benin</b>	<b>0,485</b>	<b>0,304</b>	<b>37%</b>	<b>0,858</b>	<b>0,613</b>	<b>0,343</b>	<b>792</b>
<b>Costa de Marfil</b>	<b>0,474</b>	<b>0,294</b>	<b>38%</b>	<b>0,814</b>	<b>0,672</b>	<b>0,307</b>	<b>1.535</b>
<b>Gambia</b>	<b>0,452</b>			<b>0,878</b>	<b>0,641</b>	<b>0,289</b>	<b>473</b>
<b>Mali</b>	<b>0,442</b>	<b>0,293</b>	<b>34%</b>	<b>0,786</b>	<b>0,685</b>	<b>0,456</b>	<b>780</b>
<b>Liberia</b>	<b>0,427</b>	<b>0,284</b>	<b>33%</b>	<b>0,83</b>	<b>0,649</b>	<b>0,356</b>	<b>710</b>
<b>G.Bissau</b>	<b>0,424</b>	<b>0,257</b>	<b>39%</b>			<b>0,495</b>	<b>642</b>
<b>Sierra Leona</b>	<b>0,42</b>	<b>0,262</b>	<b>38%</b>	<b>0,871</b>	<b>0,65</b>	<b>0,411</b>	<b>522</b>
<b>Guinea</b>	<b>0,414</b>	<b>0,270</b>	<b>35%</b>	<b>0,784</b>		<b>0,425</b>	<b>684</b>
<b>Burkina Fasso</b>	<b>0,402</b>	<b>0,267</b>	<b>34%</b>	<b>0,874</b>	<b>0,615</b>	<b>0,508</b>	<b>607</b>
<b>Niger</b>	<b>0,353</b>	<b>0,253</b>	<b>28%</b>	<b>0,732</b>	<b>0,695</b>	<b>0,584</b>	<b>364</b>
<b>CENTRO AMÉRICA Y CARIBE</b>							
<b>Panamá</b>	<b>0,788</b>	<b>0,614</b>	<b>22%</b>	<b>0,997</b>	<b>0,457</b>	<b>0,122</b>	<b>14.323</b>
<b>Trinidad y Tobago</b>	<b>0,78</b>	<b>0,661</b>	<b>15%</b>	<b>1,004</b>	<b>0,324</b>	<b>0,007</b>	<b>16.334</b>
<b>Cuba</b>	<b>0,775</b>			<b>0,946</b>	<b>0,304</b>		<b>7.602</b>
<b>México</b>	<b>0,762</b>	<b>0,587</b>	<b>23%</b>	<b>0,951</b>	<b>0,345</b>	<b>0,024</b>	<b>8.444</b>
<b>Jamaica</b>	<b>0,73</b>	<b>0,609</b>	<b>17%</b>	<b>0,975</b>	<b>0,422</b>	<b>0,011</b>	<b>4.860</b>
<b>Rep. Dominicana</b>	<b>0,722</b>	<b>0,565</b>	<b>22%</b>	<b>0,89</b>	<b>0,47</b>	<b>0,025</b>	<b>7.114</b>
<b>El Salvador</b>	<b>0,68</b>	<b>0,529</b>	<b>22%</b>	<b>0,958</b>	<b>0,384</b>		<b>4.224</b>
<b>Nicaragua</b>	<b>0,645</b>	<b>0,479</b>	<b>26%</b>	<b>0,961</b>	<b>0,462</b>	<b>0,088</b>	<b>2.151</b>
<b>Guatemala</b>	<b>0,64</b>	<b>0,450</b>	<b>30%</b>	<b>0,959</b>	<b>0,494</b>		<b>4.147</b>
<b>Honduras</b>	<b>0,625</b>	<b>0,443</b>	<b>29%</b>	<b>0,942</b>	<b>0,461</b>	<b>0,098</b>	<b>2.375</b>
<b>Haití</b>	<b>0,493</b>	<b>0,298</b>	<b>40%</b>		<b>0,593</b>	<b>0,242</b>	<b>754</b>

<b>SURAMÉRICA</b>							
<b>Chile</b>	<b>0,847</b>	<b>0,692</b>	<b>18%</b>	<b>0,966</b>	<b>0,322</b>		<b>13.743</b>
<b>Argentina</b>	<b>0,827</b>	<b>0,698</b>	<b>16%</b>	<b>0,982</b>	<b>0,362</b>	<b>0,015</b>	<b>12.709</b>
<b>Uruguay</b>	<b>0,795</b>	<b>0,670</b>	<b>16%</b>	<b>1,017</b>	<b>0,284</b>	<b>0,06</b>	<b>15.221</b>
<b>Venezuela</b>	<b>0,767</b>	<b>0,618</b>	<b>19%</b>	<b>1,028</b>	<b>0,461</b>		<b>7.480</b>
<b>Brasil</b>	<b>0,754</b>	<b>0,561</b>	<b>26%</b>	<b>1,005</b>	<b>0,414</b>	<b>0,01</b>	<b>8.700</b>
<b>Perú</b>	<b>0,74</b>	<b>0,580</b>	<b>22%</b>	<b>0,959</b>	<b>0,385</b>	<b>0,100</b>	<b>6.208</b>
<b>Ecuador</b>	<b>0,739</b>	<b>0,587</b>	<b>25%</b>	<b>0,976</b>	<b>0,391</b>	<b>0,145</b>	<b>5.966</b>
<b>Colombia</b>	<b>0,727</b>	<b>0,548</b>	<b>21%</b>	<b>1,004</b>	<b>0,393</b>	<b>0,032</b>	<b>5.744</b>
<b>Suriname</b>	<b>0,725</b>	<b>0,551</b>	<b>24%</b>	<b>0,972</b>	<b>0,448</b>	<b>0,033</b>	<b>5.703</b>
<b>Paraguay</b>	<b>0,693</b>	<b>0,524</b>	<b>24%</b>	<b>0,966</b>	<b>0,464</b>		<b>4.078</b>
<b>Bolivia</b>	<b>0,674</b>	<b>0,478</b>	<b>29%</b>	<b>0,934</b>	<b>0,446</b>	<b>0,097</b>	<b>3.128</b>

- (1) Índice de Desarrollo Humano IDH
- (2) Índice de Desarrollo Humano por Desigualdad IDH-D
- (3) Pérdida Total % - Desviación entre IDH y IDH-D
- (4) Índice de Desarrollo de Género IDG
- (5) Índice de Desigualdad de Género GII
- (6) Índice de Pobreza Multidimensional IPM
- (7) Producto Interior Bruto per cápita \$

#### "Criterios utilizados en la selección de países"

Estos índices serán los utilizados como criterio en la selección de los países donde implementar las distintas infraestructuras frigoríficas, en base a las argumentaciones que se exponen a continuación.

- El Índice de Desarrollo Humano define el número de orden, basado en sus tres dimensiones, que agrupa capacidades económicas y bienestar social de cada país, considerando un rango de valores entre 0,8 y 0,5, criterios utilizados para designar los países en vías de desarrollo. Esto permite diferenciar el mayor o menor grado de desarrollo de los distintos países.

El Índice de Desarrollo Humano por Desigualdad, tomando las mismas dimensiones que el IDH, refleja el grado de desigualdad en la distribución social existente en un país sin hacer distinción de género. Teniendo en cuenta que los objetivos del crecimiento económico y la reducción de desigualdades van de la mano, en estos países donde los sectores primarios, fundamentalmente agricultura y pesca, son los pilares de gran influencia en la economía, un crecimiento de las infraestructuras del sector primario y principalmente agroindustriales y piscícolas, disminuye las desigualdades. La desviación entre IDH y IDH-D es un valor de gran utilidad como criterio, al manifestar la desigualdad social existente en un país.

- El Índice de Desarrollo de Género está muy relacionado con el IDH-D, pues considera las mismas dimensiones, pero diferenciando el desarrollo entre hombre y mujeres. Este índice aporta un criterio que tiene trascendencia en la selección, ya que permite cuantificar la discriminación de la mujer en cualquier

país, lo cual influye en el aumento de la productividad (ref.2.17) y la discriminación entre países.

- El Índice de Desigualdad de Género, es un índice complementario del IDG que considera otras dimensiones que determinan el orden de magnitud de participación y aporte de la mujer a la sociedad. De hecho la salud reproductiva y el empoderamiento son las causas principales de la desigualdad en este índice, el cual cuanto más se aproxima a cero se toma como criterio de igualdad con el hombre.

- El Índice de Pobreza Multidisciplinar, utilizando las mismas dimensiones del IDH, IDH-D e IDG pero sin hacer distinción de género y con un gran número de indicadores dentro de cada dimensión, permite establecer el marco de capacidad económica de las familias dentro de un país y compararlo con otro, así como la ordenación e implementación de infraestructuras sectoriales y programas sociales que mitiguen la pobreza. Es un criterio que establece la pobreza en función de la ausencia de necesidades básicas, que hacen que las familias que forman parte de un país puedan llevar una vida digna, siendo el nivel máximo de pobreza 1 y el mínimo 0.

Aunque el Producto Interior Bruto PIB per cápita - que se muestra en la tabla 2.12 - no está incluido como índice, puede utilizarse en ciertos casos como criterio de selección, siendo de interés considerarlo, pues es un valor que mide el nivel de bienestar de un país, teniendo como objetivo principal la estimación de la riqueza económica, sin considerar ni desigualdades sociales ni discriminación de género. En los países industrializados, un incremento del PIB no quiere decir que haya una variación en la calidad de vida de sus habitantes, pero en los países muy pobres, un incremento del PIB puede cambiar la situación de sus habitantes, mejorando su condición económica, siempre que se haga un reparto justo y equitativo de su riqueza ( ref.2.18).

Analizado la tabla 2.12 se observa que en Latinoamérica el IDH es mayor que en África, lo que implica un mayor desarrollo en salud, escolarización y nivel de vida. Por otro lado África del Norte y África del Sur tienen un nivel de desarrollo mayor que África Central, África del Este y África Oeste, siendo esta última la que tiene el menor IDH. Así mismo, se observa que la desviación por desigualdad en Latinoamérica es bastante menor que en África, siendo África del Oeste y África del Sur las que lo tienen mayor.

El Índice de Desarrollo por Género (IDG) tiene unos valores bastante similares en algunos países, lo que es significativo, pues no clarifica la desigualdad de género, bien porque las encuestas no manifiestan la realidad interna de algunos países, bien porque a nivel político no es de interés el sacar a relucir la realidad del país.

El Índice de Desigualdad de Género (GII), que no entra a considerar la desigualdad entre hombres y mujeres, referente a salud, escolarización e

ingresos, sino otros factores como mortalidad materna, empoderamiento y participación en el mercado laboral, genera unas diferencias grandes entre unos países y otros. Así, se puede observar que Latinoamérica tiene unos valores algo más bajos que África, lo que implica el progreso de las sociedades en Latinoamérica en cuanto a la desigualdad de género. Puede decirse que África del Oeste y África Central, fundamentalmente, junto con África Este, en menor medida, son las zonas de mayor desigualdad de género, esto es debido, aparte de la cultura Africana hacia la mujer, a la influencia religiosa cultural musulmana en estos países.

El Índice de Pobreza Multidimensional como se puede observar en Latinoamérica y África del Norte es mucho más bajo que en el resto de África, siendo África Oeste la zona de mayor IPM de los dos continentes, lo que indica ser la zona con mayor pobreza de África y Latinoamérica.

### **2.3 - SELECCIÓN DE PAÍSES**

En base a la argumentación de criterios expuesta, se seleccionan ocho países donde podría implementarse una infraestructura frigorífica adecuada a sus necesidades, que se muestran en la tabla 2.13 . Se consideran cuatro países, con un IDH próximo al límite superior de los países en vías de desarrollo, en Latinoamérica y otros cuatro, en el límite inferior, en África. En África se han descartado los países de África del Norte y de África del Sur, por ser los más desarrollados y con mayor riqueza, como se deduce de la tabla 2.12. En Latinoamérica se eligió un país en América Central y tres en América del Sur por la proporción de superficie y habitantes de cada zona.

Entre cada grupo de cuatro países se ha considerado como criterio elegirlos con Desviaciones en Desigualdad similares - entre 33% y 31% para África y entre 25% y 22% para Latinoamérica -, lo cual implica una serie de problemas de desarrollo parecidos e índices de IDG y GII en una rango semejantes, que indican desigualdad de género y aporte de las mujeres a la sociedad en base a problemas análogos que pueden ser de carácter cultural, religioso, político o social.

El IPM, como criterio de selección, teniendo en cuenta la utilización de los otros índices, considera valores similares en tres países de África - entre 0,29 y 0,26 - estando el cuarto país - Uganda - en un rango algo superior de pobreza. En Latinoamérica ocurre un caso parecido donde tres países tienen unos valores bastante análogos - entre 0,1 y 0,145 - y hay un cuarto país con un IPM algo inferior - Paraguay - en la medida de la pobreza.

En cuanto al IPB el valor que destaca, entre los ocho países elegidos, es Panamá, lo que indica el poder económico del país, aunque no manifiesta ni el orden de en la sociedad ni las desigualdades en cuanto a género, pues la distribución de riqueza es potestad de los gobernantes.

Otros países también podían haberse considerado, pero la selección hecha, de una manera implícita, ha tenido en cuenta el factor, que se considerará más adelante, relativo a las facilidades financieras para cada país.

La tabla 2.13 muestra los Índices utilizados como criterio de selección para los países elegidos.

**Tabla 2.13 - Grupo de países seleccionados**

PAÍS	IDH	IDH-D	Desviación %	IDG	GII	IPM	PIB \$ per cápita
Senegal	0,49	0,331	33	0,89	0,52	0,28	955
Mauritania	0,51	0,347	32	0,88	0,63	0,29	1.102
Camerún	0,52	0,348	33	0,85	0,57	0,26	1.375
Uganda	0,49	0,341	31	0,88	0,52	0,36	692
Ecuador	0,74	0,587	21	0,98	0,39	0,15	5.966
Perú	0,74	0,58	22	0,96	0,39	0,1	6.208
Panamá	0,79	0,614	22	1	0,46	0,12	14.323
Paraguay	0,69	0,524	24	0,97	0,46	0,06	4.078



**BIBLIOGRAFÍA**

2.1 - Economy Weblog ¿qué es el índice de desarrollo humano (IDH)?

<https://economy.blogs.ie.edu/archives/2009/10/¿que-es-el-indice-de-desarrollo-humano-IDH/>

2.2- Definición de Desarrollo Humano

<http://conceptodefinicion.de/desarrollo-humano/>

2.3 - Índice de desarrollo humano

[https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_desarrollo\\_humano](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_desarrollo_humano)

2.3a - Capítulo IV. Índice de desarrollo humano (IDH)

[https://www.fundacionbancaja.es/archivos/publicaciones/04\\_Capitulo-4.pdf](https://www.fundacionbancaja.es/archivos/publicaciones/04_Capitulo-4.pdf)

2.4 - Informe nacional sobre desarrollo humano. Paraguay 2013- Anexo-Cálculo IDH e IDG

[http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms\\_230379.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/---sro-santiago/documents/publication/wcms_230379.pdf)

2.5 - Países por IDH ajustado por desigualdad

[https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses\\_por\\_IDH\\_ajustado\\_por\\_desigualdad](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses_por_IDH_ajustado_por_desigualdad)

2.6 - IDH-ajustado por desigualdad - PDF - DocPlayer . Cálculo de IDH-D (Martín Brancato, Nocilás Fornasari 0610/2014)

[docplayer.es/52726904-IDH-ajustado-por-desigualdad.html](http://docplayer.es/52726904-IDH-ajustado-por-desigualdad.html)

2.7 - capítulo v. índice de desarrollo de género (IDG)

[https://www.fundacionbancaja.es/archivos/publicaciones/05\\_Capitulo-5.pdf](https://www.fundacionbancaja.es/archivos/publicaciones/05_Capitulo-5.pdf)

2.8 - Cálculo de los índices de desarrollo humano - Tecnología (cálculo IDG)

<https://tecnologiaisostenibilitat.cus.upc.edu/continguts/models-de-desenvolupament/3.-la-crisi-de-sostenibilitat-i-el-replantejament-del-desenvolupament/3.1-index-de-desenvolupament-huma-IDH-com-20-calcular-20-els-20-diferents-20-index-20de-20H-20PNUD.pdf>

2.9 - Índice de Desigualdad de Género | Human Development Reports

<http://hdr.undp.org/en/content/%C3%ADndice-de-desigualdad-de-g%C3%A9nero>

2.10 - Índice de Desigualdad de Género - UNFPA Peru

<http://www.unfpa.org.pe/InfoEstadistica/2015/BrechDeGenero/cap01.pdf>

2.11 - Índice de Desigualdad de Género en Bizkaia (2012). Instituto de Economía Pública UPV. Aurora Alonso, Javier Fernández Macho y Pilar González

[http://www.bizkaia.eus/home2/Archivos/DPTO3/Temas/Pdf/\(2012\)%20Indice%20desigualdad%20g%C3%A9nero%20en%20bizkaia%20\(GII\).pdf?hash=2ec0424369b9b03d210e33178e380735](http://www.bizkaia.eus/home2/Archivos/DPTO3/Temas/Pdf/(2012)%20Indice%20desigualdad%20g%C3%A9nero%20en%20bizkaia%20(GII).pdf?hash=2ec0424369b9b03d210e33178e380735)

2.12 - Índice de Desigualdad de Género - UMAIC Wiki

[https://wiki.umaic.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_desigualdad\\_de\\_g%C3%A9nero](https://wiki.umaic.org/wiki/%C3%8Dndice_de_desigualdad_de_g%C3%A9nero)

2.13 - Alkire-Foster Method

<https://ophi.org.uk/research/multidimensional-poverty/alkire-foster-method/>

Multidimensional Poverty Measurement and Analysis: Chapter 9 – Distribution and Dynamics

Alkire, S., Foster, J. E., Seth, S., Santos, M. E., Roche, J. M., and Ballon, P. (2015). Multidimensional Poverty Measurement and Analysis, Oxford: Oxford University Press, ch. 9.

[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2575975](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2575975)

<file:///C:/TESIS-PROY%20FRIGO/REFERENCIA%20-CAPITULO%202/ALKIRE%20Y%20FOSTER-METODOLOGY---SSRN-id2575975.pdf>

2.14 - Medición de pobreza y desarrollo humano, dos extremos de los mismos ejes ((cálculo IPM)

[https://nanopdf.com/download/indicadores-de-medicion-de-pobreza\\_pdf](https://nanopdf.com/download/indicadores-de-medicion-de-pobreza_pdf)

2.15 - Medición Pobreza Multidimensional: El caso ecuatoriano César A. Amores L1

[https://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/RP40a\\_Medicion\\_Amores\\_2014.pdf](https://www.ophi.org.uk/wp-content/uploads/RP40a_Medicion_Amores_2014.pdf)

2.16 - Informe sobre Desarrollo Humano 2016 --PNUD

[http://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016\\_SP\\_Overview\\_Web.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/HDR2016_SP_Overview_Web.pdf)

2.17 - Las mujeres en la agricultura: cerrar la brecha de género en aras del desarrollo

<http://www.fao.org/3/a-i2050s.pdf>

2.18 - Conceptos básicos. El PIB per cápita - Capital libre

<https://capitalibre.com/2015/06/renta-percapita>





---

## **CAPITULO 3 - PRODUCTOS PERECEDEROS EN PAISES EN VIAS DE DESARROLLO**

---



### **3.-PRODUCTOS PERECEDEROS EN PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO**

Las necesidades alimentarias de la población en los países en vías de desarrollo, y las posibilidades de acceder a los recursos propios de los sectores agrícola, pesquero, cárnico y lácteo hicieron que el desarrollo de dichos sectores fuera importante para la economía de dichos países. Muchos de ellos han basado sus economías en los ingresos procedentes de la madera, café, cacao y minerales.

Actualmente estos ingresos han disminuido considerablemente, como consecuencia del descenso de la demanda y de sus precios en el mercado, aumentando su deuda exterior. Un caso especial ha sido el de países productores de petróleo como Nigeria, Gabón, Guinea Ecuatorial, Venezuela y México, donde la bajada del precio del barril de crudo desde 160 \$ hasta los 40 \$ ha hecho desplomarse sus economías y aumentar su deuda exterior de forma alarmante, unido a los regímenes políticos existentes en algunos de ellos que han acentuado el detrimento de su economía. El peso de la deuda les está haciendo diversificar sus fuentes de ingresos a partir de sus propios recursos, basados en la agricultura, pesca, ganadería y sector lácteo fundamentalmente.

A continuación se van a estudiar dichos sectores en los países en vías de desarrollo de África y de Latinoamérica.

#### **3.1 - PRODUCCIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS**

Para la selección de los dos países se tendrá en cuenta las producciones de productos perecederos de los sectores anteriormente indicados en los países enumerados en la tabla 2.7.

##### **3.1.1- AGRICULTURA**

El sector agrícola ha desempeñado un papel predominante en la acumulación de riqueza y desarrollo económico de los países a lo largo de la historia. Tiene una importancia incuestionable en la mayoría de ellos, ya sea como fuente de alimentos, materias primas y energía, como parte de cadenas agroindustriales de producción, como eje de economías regionales, o como fuente de empleo e ingresos por exportación. Sin embargo, su desarrollo requiere recursos financieros difíciles de obtener, tanto de fuentes internas como externas por las particularidades, complejidades y riesgos específicos del sector.

Este valor se acrecienta en los países en vías de desarrollo y subdesarrollados, ya que en ellos la agricultura no solo juega un papel clave en el logro de los objetivos de desarrollo y de reducción de la pobreza, sino también en la supervivencia de la mayoría de sus habitantes. En estos países, el 75% de la población pobre vive en áreas rurales y cerca de 9 de cada 10 individuos dependen de la agricultura para vivir (Banco Mundial).

Por otra parte, mientras en los países desarrollados del 2 al 3% de su población económicamente activa está relacionada con el sector, en los que están en vías de desarrollo y subdesarrollados este sector emplea del 18 al 22% de dicha población (ref.3.1).

La agricultura es el sector que más empleo produce en el mundo, suministrando la forma de vida del 40% de la población mundial. Es la mayor fuente de ingresos y trabajo en los hogares (Organización de las Naciones Unidas) (ref.3.2).

Si se incrementara el acceso de las mujeres a la propiedad de la tierra, la educación, los servicios financieros, la tecnología y el empleo rural, aumentaría su productividad así como la producción agrícola, la seguridad alimentaria y el crecimiento económico. Por sí solo, el cierre de la brecha de género en el ámbito de los productos agrícolas podría sacar del hambre entre 100 millones y 150 millones de personas. (ref.3.3). Este efecto se ve mucho más pronunciado en África que en Latinoamérica, como se observa en los Índices de Desigualdad de Género de la tabla 2.7, dependiendo fundamentalmente de la incorporación de la mujer al mercado laboral. La influencia que tiene este Índice se hace notorio cuando se compara con cualquier país Europeo que sea agrícola, como los países Mediterráneos donde el Índice de Género tiene valores en torno a 0,1 o menores frente a valores en África que pueden oscilar entre de 0,5 y 0,65 y en Latinoamérica entre 0,3 y 0,4. Estas diferencias tan grandes ponen de manifiesto, mediante este índice, lo que aportaría la mujer con su incorporación plena al mercado laboral y al crecimiento económico en los países en vías de desarrollo. Por todo lo expuesto, puede decirse que la aportación más significativa de la agricultura a la humanidad hoy día es que para cerca de mil millones de personas, la mayoría de ellas de las zonas rurales, constituye un medio para salir del hambre (ref.3.1).

Tanto para África como para Latinoamérica, la división de países por Zonas se realiza siguiendo la misma norma hecha en los Índices de Desarrollo, con el fin de dar homogeneidad y seguir las divisiones por países que hace la FAO en sus distintas publicaciones de producción de productos perecederos en el sector agrícola. Los productos perecederos considerados en el sector agrícola han sido los siguientes: aguacate, albaricoque, banana, batata, berenjena, calabaza, cebolla, cereza, pimiento, ciruela, coliflor, dátil, fresas, espinacas, cítricos, fruta, fruta tropical, guisantes, hortalizas, hortalizas leguminosas, judías verdes, lechuga, mango, limas, manzanas, melocotón, melones, naranjas, patatas, pepinos, peras, sandía, mandarina tomate, uva, yuca y zanahoria. Todos estos productos mencionados se producen en los dos continentes considerados.

En los Anexos 1 y 2 se pueden ver las producciones y productos agrícolas perecederos por especies, anteriormente citados, para África y Latinoamérica respectivamente de los países de la tabla 2.12.

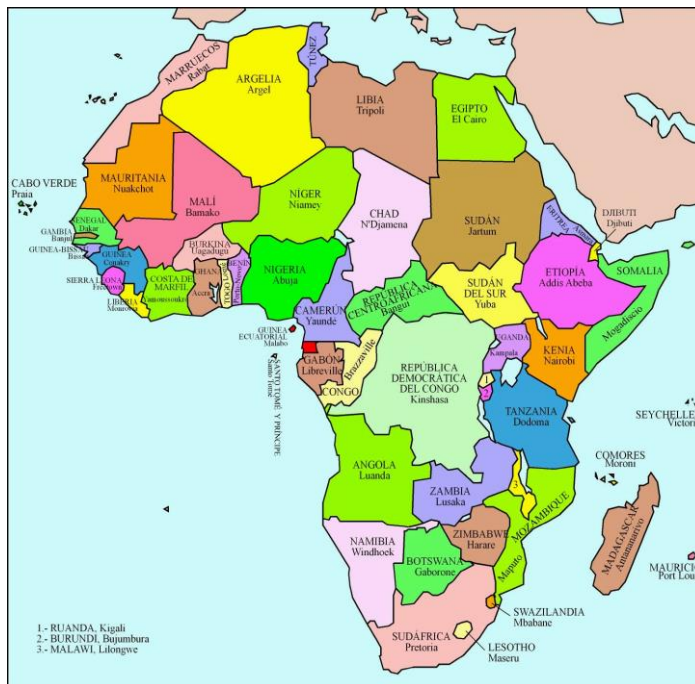
Se consideran dos divisiones para los productos perecederos agrícolas: raíces & tubérculos y frutas & hortalizas. Esto es debido a que los porcentajes de pérdida atribuibles son distintos para raíces & tubérculos que para frutas & hortalizas. Una vez evaluadas estas pérdidas se podrá calcular el volumen frigorífico necesario para cada país seleccionado.



## ÁFRICA

En este continente, donde la mayoría de la población vive en áreas rurales y la agricultura representa entre el 30 y 40% del PIB, más del 60% de los ingresos son por exportación de productos agrícolas y emplea a cerca del 65% de la población (FARA, 2013), encontrándose el sector muy atrasado.

La mayoría de los campesinos poseen menos de 2 hectáreas de tierra, por lo que la agricultura que se practica es la familiar de subsistencia, con un bajísimo nivel tecnológico, unas débiles infraestructuras, un escaso acceso a los mercados y con una limitada capacidad de influir en las políticas gubernamentales. De esta forma, los trabajadores agrícolas rurales se encuentran entre los más pobres de África, con una tasa de pobreza promedio del 50%. (FARA, 2013) (ref.3.1).



En la tabla 3.1 se muestran las producciones agrícolas de los productos perecederos (ref.3.5) existentes en los países seleccionados en África y en la tabla 3.2 (ref.3.4; 3.5) la producción agrícola total de los mismos.

En el Anexo 1 se muestra la producción agrícola por productos (ref.3.5;3.4) de los países de África de la tabla 2.12 por zona y país, distinguiendo raíces & tubérculos y frutas & hortalizas.



**Tabla 3.1 - Producción Agrícola (miles Tm/año) por productos en África para el grupo de países seleccionados**

	<b>Senegal</b>	<b>Mauritania</b>	<b>Camerún</b>	<b>Uganda</b>
Banana	38		70	583
Batata	36	3		2.130
Berenjena	5		3	
Calabaza	18		186	
Pimiento			59	
Ciruela			1	
Dátil		23	1	
Col	60			
Fruta	32	4	140	53
F.Tropical	12			
Hortaliza	40	5	775	917
Judía Ver.	15			
Legumbre		22	4	
Mango			1	
Plátanos			4.314	3.710
Mango	123			
Melocotón			1	
Melones			48	
Naranjas	49			
Patatas	64	3	377	170
Pepinos			283	
Sandía	259	1	74	
Tomate	163		1.182	39
Yuca	421		5.501	2.885
Zanahoria	8			

**Tabla 3.2 - Producción Agrícola total (miles Tm/año) en África para el grupo de países seleccionados**

<b>PAÍSES</b>	<b>raíces &amp; tubérculos</b>	<b>frutas &amp; hortalizas</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Senegal</b>	521	822	1.343
<b>Mauritania</b>	6	55	61
<b>Camerún</b>	5.878	7.142	13.020
<b>Uganda</b>	5.185	5.302	10.487

## **AMÉRICA**

En Latinoamérica, el sector agroalimentario ha tenido una importancia trascendental en su desarrollo económico. La riqueza de los recursos naturales en la mayoría de los países de la región y en otros la ausencia de otras fuentes de riqueza, hicieron que el sector jugara un papel central en los procesos que sentaron las bases del desarrollo que hoy caracteriza las sociedades modernas (Piñeiro, 2.000). Aún en la actualidad, después de décadas de esfuerzos, el sector agropecuario tiene un considerable peso en el PIB y las exportaciones de la región, además de que gran parte de la población total y de la población en situación de pobreza habita en zonas rurales. Por otra parte, persisten altos niveles de pobreza e indigencia rural, y los ingresos de los agricultores por cuenta propia han retrocedido. La población rural ha caído de manera permanente, pasando de representar el 42,6% de la población total en 1970, a un 24,2% en 2001, previéndose que disminuirá al 18,1% en 2020. Asimismo, la ocupación en la agricultura ha mostrado una tendencia a la disminución, a una tasa anual del 0,2% desde principios de los años noventa. (CEPAL) (ref.3.1).



En la tabla 3.3 se muestran las producciones agrícolas de los productos perecederos (ref.3.5) existentes en los países seleccionados en Latinoamérica y en la tabla 3.4 (ref.3.4; 3.5) la producción agrícola total de los mismos.

En el Anexo 2 se muestra la producción agrícola por productos (ref.3.5;3.6) de los países de Latinoamérica de la tabla 2.12 por zona y país, distinguiendo raíces & tubérculos y frutas & hortalizas.

**Tabla 3.3 - Producción Agrícola (miles Tm/año) por productos en Latinoamérica para el grupo de países seleccionados**

	<b>Panamá</b>	<b>Ecuador</b>	<b>Perú</b>	<b>Paraguay</b>
Albaricoq.		1	1	
Aguacate	9	16	456	16
Banana	259	6.530	343	72
Batata		4	270	50
Berenjena			1	
Calabaza		4	221	9
Cebolla		99		8
Cereza			1	
Pimiento	2,5	8	131	7
Ciruela		9	9	2
Coliflor		136	20	
Dátil			1	
Esparrago		2	378	
Fresas		2	26	4
Cítricos		20	67	
Fruta		233	100	16
F.Tropical		46	200	20
Guisantes		10	120	
Hortaliza	5	28	54	23
H.Legumi.		20	64	
Judía Ver.		27	15	
Lechuga	5	17	74	
Legumbre	3		2	
Limas		29	29	10
Plátanos	110	610	2.074	
Manzana		7	158	1
Mango	8	82	378	32
Melocotón		4	512	2
Melones	9	19	21	31
Naranjas	48	75	491	225
Patatas	26	422	4.400	4
Papaya	8	51	170	12
Pepinos	3	5	54	
Peras		8	4	1
Sandía	32	80	86	12
Raíces y Tuberc.	1	30	271	
Tomate	18	56	233	51
Uva		1	690	2
Yuca	14	91	1.182	3.170
Zanahoria	5	40	172	13

**Tabla 3.4 - Producción Agrícola total (miles Tm/año) en Latinoamérica para el grupo de países seleccionados**

PAÍSES	raíces y tubérculos	frutas y hortalizas	TOTAL
Panamá	41	525	566
Ecuador	646	8.182	8.828
Perú	6.123	7.356	13.479
Paraguay	3.232	561	3.793

### 3.1.2.- CAPTURAS PESQUERAS

Frente a uno de los mayores desafíos mundiales sobre cómo alimentar a más de 9.000 millones de personas para el año 2.050 en un contexto de cambio climático, incertidumbre económica y financiera y aumento de la competencia por los recursos naturales, la comunidad internacional adquirió compromisos sin precedentes en septiembre de 2.015, cuando los Estados miembros de las Naciones Unidas aprobaron la Agenda 2.030 para el Desarrollo Sostenible. En dicha Agenda, también se fijan objetivos relativos a la contribución y la práctica de la pesca y la acuicultura en pro de la seguridad alimentaria y la nutrición, haciendo uso de los recursos naturales, de tal manera que se garantice un desarrollo sostenible en términos económicos, sociales y ambientales

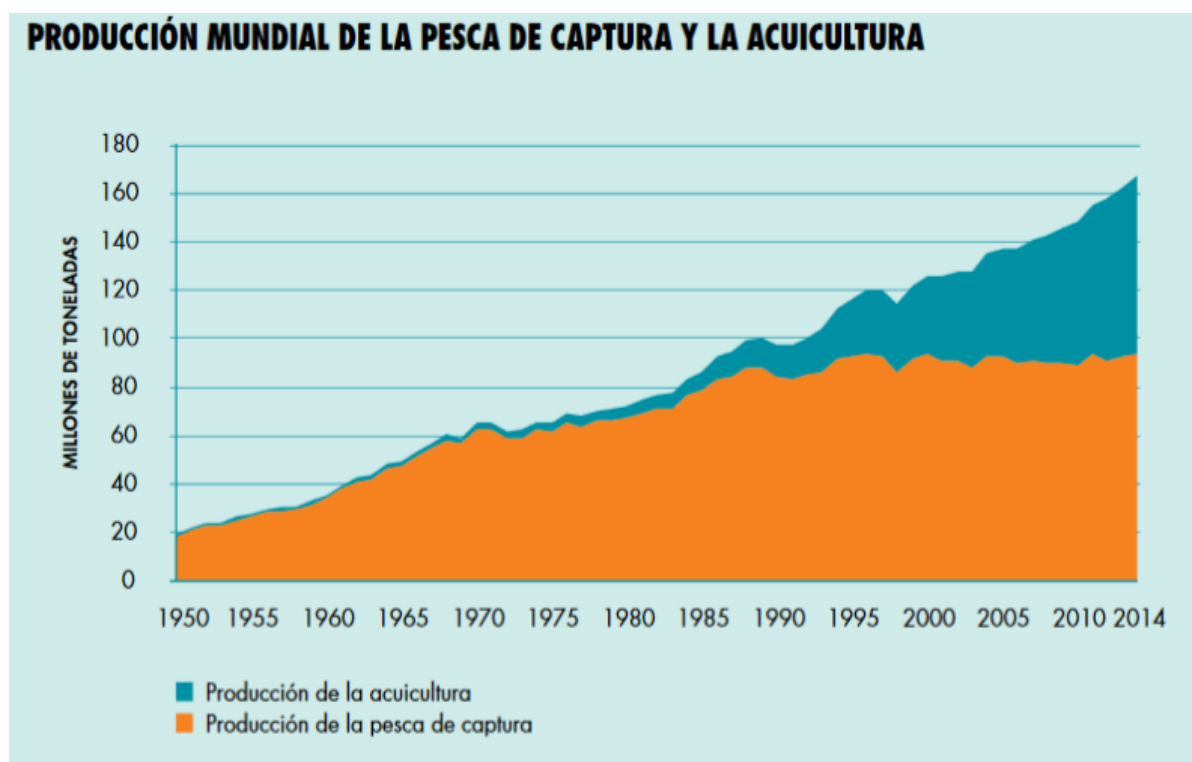


A escala mundial, hay cada vez más población que depende del pescado como alimento esencial, existiendo una disminución de los stocks de peces. Esto es especialmente importante para los países en vías de desarrollo que depende en gran medida de la pesca.

La producción de alimentos acuáticos ha dejado de basarse principalmente en la captura de peces salvajes, para emprender la cría de un número creciente de especies cultivadas. En 2014 se alcanzó un hito cuando la contribución del sector acuícola, al suministro de pescado para consumo humano, superó por primera vez la del pescado capturado en el medio natural. Satisfacer la creciente demanda de pescado como alimento según la Agenda 2030 será ineludible, y también planteará enormes desafíos. (ref.3.7).

En la figura 3.1 puede verse la producción de captura y la de acuicultura referida al año 2014 (ref.3.7)

**Figura 3.1: Producción Mundial de la Pesca de Captura y la Acuicultura**



El empeño en la producción pesquera, utilización y comercialización del pescado, frecuentemente aparecen como algo extraño, difícil de entender y generalmente oscuro. Esto es parcialmente debido a la intrínseca complejidad de las pesquerías que utilizan la última tecnología, como al gran número de especies pesqueras comercializadas. Parte de la complejidad se origina en el gran número de productos disponibles y por los métodos de captura que abarcan desde redes de playa y canoas hasta barcos de alta tecnología.

La complejidad en los niveles locales, regionales e internacionales está también asociada a profundas razones históricas y culturales, sin las cuales son muy difíciles de comprender los hábitos de consumo - y por lo tanto, la demanda del mercado -, leyes y regulaciones ad hoc, el comportamiento de los pescadores, los vaivenes políticos y la posición de las personas con respecto al pescado y las pesquerías. En las pesquerías la cultura y la historia usualmente juegan un rol importante en el desarrollo económico de los países en vías de desarrollo, aunque con frecuencia no son suficientemente tomadas en consideración.

En lo que respecta al consumo, un 72% del total de las capturas es utilizado para consumo humano, la casi totalidad del resto (26%) es utilizada para la fabricación de harina y aceite de pescado (utilizada a su vez para alimentar animales de granja). Un 31% del total del pescado para alimentación humana directa es consumido fresco y un 35% congelado. A su vez un 16% es procesado como pescado curado (secado, salado, ahumado) y un 18% como conserva de pescado. Es decir, un 31% es consumido dentro de las dos primeras semanas después de la captura y un 69% es conservado de alguna forma para un consumo posterior. (ref.3.8)

Al igual que en el sector agrícola, para el sector pesquero, tanto para África como para Latinoamérica, la división de países por Zonas se hace de acuerdo a la seguida por la FAO. Los productos perecederos considerados en el sector pesquero han sido los siguientes: carpas, barbados y otros ciprínicos; tilapia y otros cíclidos; salmón, trucha, eperlanos y sábalos; cangrejo, araña de mar; centollo y langosta; gamba y langostino; bacalao y merluza; platija, fletan y lenguado; arenque, sardina y anchoa; misceláneos de medersal; misceláneos de pelágicos; tiburón, raya y quimera; atún, bonito, picudos y moluscos. Todos estos productos se producen en los dos continentes considerados.

En el Anexo 3 y 4 se muestra la producción piscícola (Tm/año) por país, para las especies anteriormente citadas, en las distintas zonas de África y Latinoamérica respectivamente, para los países en vías de desarrollo de la tabla 2.12.

A partir de estas producciones se calcularán las pérdidas posibles, la cuales permitirán determinar el volumen frigorífico necesario para cada uno de los países seleccionados.

## **ÁFRICA**

La Zona Norte de África es muy rica en pescado, de hecho en la Zona Atlántica de Marruecos se captura más de una cuarta parte del total de la Zona, siendo las especies de mayor valor los cefalópodos, la merluza, el besugo y los crustáceos habiendo también importantes recursos de pequeñas especies pelágicas, como la sardina, caballa, jurel y la sardinela, entre los que destaca por su importancia la sardina. Se encuentran bancos abundantes para la pesca de arrastre en el golfo de Gabes, en Túnez, en Libia, y frente al delta del Nilo, en Egipto. Las principales especies son las sardinias, anchoas y jureles. Las aguas continentales de Egipto

producen una cuarta parte del volumen total de África gracias a sus pesquerías en el río Nilo y el lago Nasser.

En el resto de África, exceptuando África Norte, la pesca se concentra en el Atlántico Central, Atlántico Sur e Índico Occidental Septentrional (África Este Septentrional).

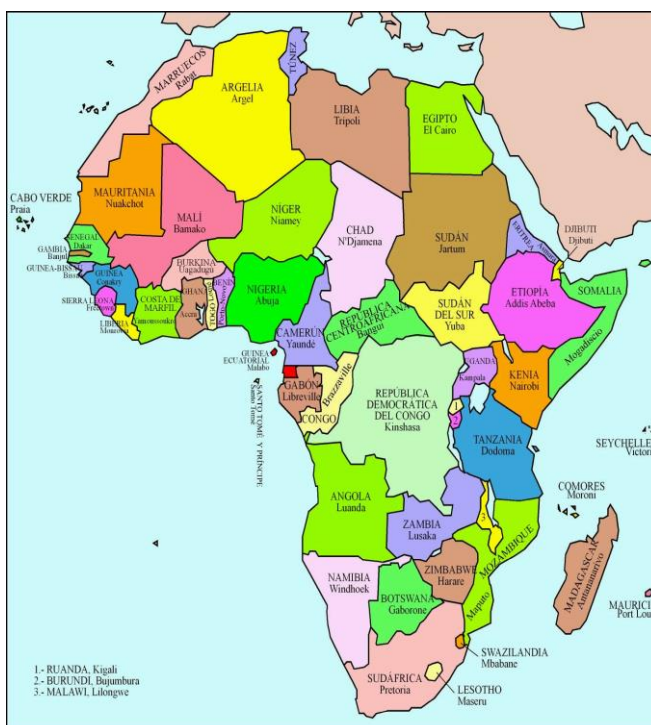
En el Atlántico Central desde Gabón hasta Guinea, las capturas son menos abundantes que en el Norte de África, aunque hay pequeñas especies pelágicas y poblaciones demersales de la plataforma profunda, estando el talud continental por explotar en la mayor parte de las aguas situadas al sur del golfo de Guinea. Existen poblaciones localizadas, económicamente importantes de camarón, sobre todo frente a las desembocaduras de los ríos y entradas de las lagunas, en el golfo de Guinea y también frente a la parte septentrional de la costa. Los recursos son abundantes en la parte septentrional de la costa occidental. Desde Mauritania a Guinea-Bissau, las pequeñas especies pelágicas son por lo general abundantes; entre ellas predominan la sardinela, el jurel y la sardina.

Las capturas en el Índico Occidental Septentrional, representan un 10% del total de África. Las especies pelágicas son inferiores que las de la costa occidental. La mayor parte de las especies de pescado de escama, así como los crustáceos se pescan en forma menos intensiva, excepto frente a las costas de Somalia y Eritrea.

La producción de la pesca en aguas continentales ha aumentado y representan más del 40 por ciento del total de la producción pesquera africana. Las principales especies son la perca del Nilo, la tilapia y el bagre. Kenya, Tanzania y Uganda junto con Nigeria y la República Democrática del Congo son los principales productores de pescado de agua dulce, aportando en conjunto un 70 por ciento del total de las capturas en África. La producción en África en agua dulce está localizada; solo el lago Victoria aporta una cuarta parte del total.

En el Índico Meridional, tanto en la costa como en el canal de Mozambique hay especies muy variadas y de buen tamaño. Se pueden encontrar pargos, meros, marlines negros, peces vela y tiburones. En cambio, Mozambique que está considerado como el segundo lugar con más diversidad del mundo, la sobreexplotación ha hecho disminuir las capturas.

En las aguas del Atlántico Sur de Angola, Namibia y Sudáfrica, la merluza del Cabo es la especie más importante, en lo que al volumen de las capturas se refiere. Las



principales poblaciones pelágicas son la sardina y la anchoa. El cangrejo rojo y la langosta del Cabo son los crustáceos más importantes (ref.3.9).

En la tabla 3.5 y 3.6 se muestra la producción piscícola de productos perecederos en África por especies(ref.3.5), para el grupo de países seleccionados y en la tabla 3.7 (ref.3.4;3.5;3.10) se muestra la producción piscícola total de los mismos.

En el Anexo 3, se recogen las capturas pesqueras ( Tm/año) (ref.3.5;3.4) por especies de los países de África de la tabla 2.12 por Zona y país.

**Tabla 3.5 - Producción piscícolas (Tm/año) de agua dulce y crustáceos por especies en África para el grupo de países seleccionados.**

	PESCADO DE AGUA DULCE				PESCADO MARINO- CRUSTÁCEOS		
	carpas barbados y otros ciprínidos	tilapia y otros cíclidos	misceláneos agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalo	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b>Senegal</b>	669	4.455	26.166		251	116	6.340
<b>Mauritania</b>					127	6.604	753
<b>Camerún</b>	24	1.125	29.166	389	7.159	121	28.487
<b>Uganda</b>			507.295				

**Tabla 3.6 - Producción piscícolas (Tm/año) por especies marinas en África para el grupo de países seleccionados**

	ESPECIES MARINAS							
	bacalao merluza	platija fletán lenguado	arenque sardina anchoa	miscelaneos medersal	misceláneos pelágicos	tiburón raya quimera	atún bonito picudos	moluscos
<b>Senegal</b>	2.113	8.477	230.874	7.975	74.226	3.557	34.836	22.175
<b>Mauritania</b>	2.162	2.086	411.627	9.850	48.854	2.703	11.817	38.988
<b>Camerún</b>		6.273	85.121	4.974	9.336	2.337	1.845	
<b>Uganda</b>								

**Tabla 3.7 - Producciones piscícolas totales (miles Tm/año) en África para el grupo de países seleccionados**

Países	Capturas pesqueras
<b>Senegal</b>	422
<b>Mauritania</b>	536
<b>Camerún</b>	176
<b>Uganda</b>	507



## **LATINOAMÉRICA Y CARIBE**

Esta región comprende el continente de América del Sur, América Central, México y los Estados y territorios insulares del Caribe. La región está rodeada por las aguas australes del Atlántico y el Pacífico y comprende también los mares semicerrados del golfo de México y el mar Caribe.

Las pequeñas especies pelágicas son aproximadamente el 75 por ciento del total de las capturas. La contribución del sector a la economía se concentró en las zonas rurales costeras.

Los países de Latinoamérica son grandes exportadores de pescado y productos pesqueros y representan el 11 por ciento de las exportaciones mundiales. Las principales exportaciones son el camarón y la harina de pescado.

El 85 por ciento de las capturas proceden del Pacífico Sudoriental. El total de la producción sigue estando dominada por la anchoveta del Perú, y las fluctuaciones en el volumen total se deben a la variabilidad de esta especie.

Otras poblaciones de pequeñas especies pelágicas, como la sardina y el jurel de Chile y la caballa, comenzaron a crecer cuando se produjo el colapso de la pesquería de la anchoveta del Perú; las dos primeras especies constituyen ahora importantes componentes de la producción en esa área.

En el Atlántico Sudoccidental, la producción ha aumentado. Las especies dominantes son la pota y la merluza, seguidas de la lubina, congrio y otras especies demersales. Se pescan también calamares, camarones, langostas y cangrejos, además de algunas pequeñas especies pelágicas como la sardinela y la anchoveta argentina.

La producción en la zona del Atlántico Centro-Occidental, es su mayoría pelágica, aunque se pescan también atunes, tiburones, rayas y peces espada. No obstante, las capturas han disminuido considerablemente debido a la sobreexplotación.

En el Pacífico Centro-Oriental, la producción pesquera ha disminuido afectando sobre todo a las pesquerías de sardina y anchoa de California, descenso que ha influido negativamente en los niveles de producción de México. La producción de atunes y otras grandes especies pelágicas ha aumentado ligeramente. Las gambas y camarones son objeto de pesquerías importantes en toda la zona.

En las aguas continentales tres grandes sistemas de explotación caracterizan a la región en el sur, es decir, Argentina, Chile y partes de Brasil; en el norte, sobre todo en el polígono seco de Brasil, en Cuba y en México, la tendencia dominante hacia una ordenación intensiva de los embalses, mediante actividades de repoblación y de introducción de especies, ha hecho posible que dichas zonas hayan sido las de más alto crecimiento en los últimos años.( ref.3.11)

En la tabla 3.8 y 3.9 se muestra la producción de productos piscícolas perecederos en Latinoamérica por especies (ref.3.5) y en la tabla 3.10 se muestra la producción pesquera total (ref.3.5;3.6;3.10) de los mismos.

En el Anexo 4, se recogen las capturas pesqueras (Tm/año) (ref.3.5;3.6) por especies de los países de Latinoamérica de la tabla 2.12 por Zona y país.

**Tabla 3.8 - Producción piscícolas (Tm/año) de agua dulce y crustáceos por especies en Latinoamérica para el grupo de países seleccionados**

	PESCADO DE AGUA DULCE				PESCADO MARINO- CRUSTÁCEOS		
	carpas barbados y otros ciprínidos	tilapia y otros cíclidos	misceláneos agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalo	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b>Panamá</b>	5	486	5	10	7		8.700
<b>Ecuador</b>		22.600	151	6.051			426.209
<b>Perú</b>	4	3278	24896	52648	2438	10	52329
<b>Paraguay</b>	400	6.900	18.500				

**Tabla 3.9 - Producción piscícolas (Tm/año) por especies marinas en Latinoamérica para el grupo de países seleccionados**

	ESPECIES MARINAS							
	bacalao merluza	platija fletán lenguado	arenque sardina anchoa	miscelaneos medersal	misceláneos pelágicos	tiburón raya quimera	atún bonito picudos	moluscos
<b>Panamá</b>		20	55.000		1.697	170	84.708	
<b>Ecuador</b>	5.372	152	58.999	58.774	181.451	8.184	359.011	493
<b>Perú</b>	72.404	479	2.862.641	1.480	235.326	15.123	106.506	378.265
<b>Paraguay</b>								

**Tabla 3.10 - Producción piscícola total (miles Tm/año) en Latinoamérica para el grupo de países seleccionados**

Países	Capturas pesqueras
<b>Panamá</b>	150
<b>Ecuador</b>	1.128
<b>Perú</b>	3.808
<b>Paraguay</b>	26



### 3.1.3.- GANADERÍA

El sector ganadero se ha transformado a un ritmo sin precedentes en las últimas décadas (ref.3.12); el consumo de carne, leche y huevos en países de ingresos bajos y medios se ha triplicado. El crecimiento de la población y como consecuencia el consumo está provocando, lo que se podría denominar la revolución ganadera. Según las últimas proyecciones de la FAO, la demanda de carne en los países de ingresos bajos y medios aumentará en un 80% en 2.030 y en más del 200% para 2.050 (ref.3.13). El ganado proporciona el medio de vida y la seguridad alimentaria de casi 1.300 millones de personas. El sector ganadero es uno de los sectores que más rápido crece en la economía agrícola, proporcionando el medio de vida al 70% de la población rural pobre del mundo que trabajan con

sistemas ganaderos tradicionales (ref.3.12). Incrementar la productividad - haciendo el uso más eficiente posible de los insumos de producción - en todo el sector pecuario será fundamental para que el sector pueda satisfacer la creciente demanda de productos ganaderos de calidad y al mismo tiempo reducir al mínimo sus repercusiones en el medio ambiente y en los recursos naturales mundiales (ref.3.14).

La carne obtenida en este sector pecuario procede de caballos, camellos, cabras, cerdos, gallinas, vacuno y ovino. Estas especies son producidas en los dos continentes, excepto el camello que lo es solo en África.

En los Anexos 5 y 6 se recogen las cabezas producidas de cada especie para los países de la tabla 2.12, así como la producción cárnica de cada uno de ellos para África y Latinoamérica respectivamente.

### **ÁFRICA**

La ganadería es otro de los recursos tradicionales de la economía africana sin embargo, en gran parte de África, fuera de la sabana, no existen pastos. Un gran número de hogares rurales de África - en la mayor parte de los países - crían ganado por la amplia gama de beneficios que proporciona. Muy pocas actividades son tan importantes como medio de vida de la población rural pobre como la ganadería, pues las inversiones en ganadería no solo generan múltiples beneficios monetarios, sino que también constituyen el primer peldaño de la escalera de salida de la pobreza. (ref.3.15)

En las sociedades que se basan en la ganadería, como medio de vida más importante y fuente principal para la seguridad alimentaria, el manejo de los animales es determinante en la configuración del modo de vida. Estas sociedades tienen sistemas de producción basados en el pastoreo extensivo. En este sistema al menos el 90 por ciento del valor total de la producción de la explotación proviene de la actividad ganadera y más del 90 por ciento de la materia seca de los piensos, con que se alimenta a los animales, proviene de pastizales, pastos y forrajes anuales (Sere y Steinfeld).

El mayor número de personas que dependen del ganado, actualmente unos 120 millones (Raas), se encuentra en las sociedades pastoralistas, donde el ganado suministra a sus propietarios leche y ocasionalmente sangre y carne.

Los sistemas de pastoreo de secano suministran alrededor de 19,2 millones de toneladas de carne de rumiantes, lo que representa el 19 por ciento de la producción mundial. Asimismo, suministran aproximadamente el 12 por ciento de la producción mundial de leche. En África oriental los sistemas de pastoreo producen aproximadamente el 46 % de la carne bovina y algo más del 40 % de la carne de pequeños rumiantes. En África occidental el sistema de pastoreo contribuye con el 37% de la carne bovina y el 33 % de la carne de pequeños rumiantes.

A pesar del gran tamaño de este continente (segundo después de Asia) alberga solo al 10% de la población mundial. Grandes partes de esta región son desiertos que están casi totalmente deshabitados. El Sahara, el desierto más grande del mundo, cubre un cuarto del continente. Las mayores concentraciones humanas se encuentran en Nigeria, sobre las tierras altas de Etiopía y alrededor de los grandes lagos de África Oriental. A raíz del futuro incremento de la población que aparece en todas las proyecciones, la demanda sobre la agricultura africana será todavía mayor en el futuro. Este desafío se hace aún más difícil por el hecho de que vastas zonas de África son impropias para el cultivo (alrededor del 60%), particularmente alrededor de las zonas desérticas, y que solo la cría de animales es posible.

El África subsahariana es, en particular, una fuente importante de riquezas genéticas animales, con una gran riqueza de diversidad de los animales domésticos. Esta ha sido generada en respuesta a la variedad de los desafíos a los cuales deben hacer frente los animales, principalmente el amplio rango de las zonas agroecológicas y el número considerable de enfermedades endémicas. (ref.3.16).

En la tabla 3.11 se muestra la producción ganadera por cabezas de ganado (ref 3.10) de cada especie existente en los países seleccionados en África y en la tabla 3.12 la producción cárnica total para dichos países (ref.3.4).

En el Anexo 5 se puede ver la producción por cabezas de ganado (ref 3.10;3.4) de cada especie en los países de África contenidos en la tabla 2.12 por Zona y país.

**Tabla 3.11 - Producción ganadera por cabezas en África para el grupo de países seleccionados**

	<b>caballos</b>	<b>camellos</b>	<b>cabras</b>	<b>cerdos</b>	<b>gallinas</b>	<b>vacuno</b>	<b>ovino</b>
<b>Senegal</b>	549.880	4.964	5.384.416	409.047	48.780	3.540.243	5.923.188
<b>Mauritania</b>	67.020	1.483.210	6.207.476		4.608	1.836.685	9.600.982
<b>Uganda</b>			15.587.911	2.626.405	35.881	1.480.046	2.073.150
<b>Camerún</b>	18.007		5.207.556	1.907.505	53.989	5.694.624	3.532.141

**Tabla 3.12 - Producción de carne en miles de Tm / año en África para el grupo de países seleccionados**

<b>PAÍSES</b>	<b>Producción Cárnica</b>
<b>Senegal</b>	187
<b>Mauritania</b>	101
<b>Camerún</b>	331
<b>Uganda</b>	381

**LATINOAMÉRICA**

El crecimiento acelerado de la ganadería ha convertido a Latinoamérica en el mayor exportador de carne bovina y de ave en el mundo, lo que representa el 45% del PIB agrícola de la región, aunque se trata de una actividad que se concentra en cinco países con el 75 % de la producción, siendo por orden Brasil, Uruguay, Paraguay, México y Argentina. La producción de ovino se desarrolla en Argentina, Uruguay, Brasil y Perú y la de equino en Argentina, Brasil , Perú y México.

El rápido crecimiento del sector pecuario regional, dos veces superior al crecimiento promedio mundial, ha tenido una gran influencia sobre los recursos naturales, especialmente, la pérdida de cobertura forestal para la producción de ganado en pastoreo o la producción de granos para los sistemas intensivos de producción avícola y porcina. Es muy probable que de acentuarse los problemas de degradación de suelos, la producción pecuaria se enfrente a competencia por tierras para la producción agrícola o agroenergética y corre el riesgo de ser desplazada a zonas marginales.

Las proyecciones actuales indican que el consumo de carne a nivel mundial se duplicará en los próximos 20 años (ref.3.17; 3.18; 3.19)

En la tabla 3.13 se muestra la producción ganadera por cabezas (ref.3.10) de cada especie existente para el grupo de países seleccionados en Latinoamérica y en la tabla 3.14 la producción total cárnica para dichos países (ref.3.6),

En el Anexo 6 se puede ver la producción por cabeza de ganado (ref. 3.10;3.6) para cada especie en los países de Latinoamérica contenidos en la tabla 2.12 por Zona y país.

**Tabla 3.13 - Producción ganadera por cabezas en Latinoamérica para el grupo de países seleccionados**

	<b>caballos</b>	<b>camellos</b>	<b>cabras</b>	<b>cerdos</b>	<b>gallinas</b>	<b>vacuno</b>	<b>ovino</b>
<b>Panamá</b>	106.687	9.027	389.000	23.908	1.554.200		5.923.188
<b>Ecuador</b>	219.134	36.379	114.124	176.413	4.127.311	478.486	9.600.982
<b>Perú</b>	749.032	1.879.713	3.144.911	158.263	5.535.454	11.450.657	2.073.150
<b>Paraguay</b>	275.371	151.343	1.300.064	17.466	13.858.584	516.119	3.532.141

**Tabla 3.14 - Producción de carne en miles de Tm / año en Latinoamérica para el primer grupo de países seleccionados**

<b>PAÍSES</b>	<b>Producción cárnica</b>
<b>Panamá</b>	254
<b>Ecuador</b>	753
<b>Perú</b>	1460
<b>Paraguay</b>	783





### 3.1.4.- SECTOR LÁCTEO

En la mayoría de los países en vías de desarrollo, la leche es producida por pequeños agricultores y la producción lechera contribuye a los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares.

En los últimos decenios, estos países han incrementado su participación en la producción lechera mundial. Este crecimiento se debe principalmente al aumento del número de animales destinados a la producción, y no al de la productividad por cabeza. En muchos de estos países la mala calidad de los recursos forrajeros, las enfermedades, el acceso limitado a mercados y servicios (p. ej., sanidad animal, crédito y capacitación) y el reducido potencial genético de los animales lecheros para la producción láctea, limitan la productividad lechera. A diferencia de los países desarrollados, muchos países en vías de desarrollo tienen climas cálidos o húmedos que son desfavorables para la actividad lechera.

Algunos países del mundo en vías de desarrollo tienen una larga tradición de producción lechera, y la leche o sus productos desempeñan un papel importante en la dieta. Otros solo han mostrado en los últimos años un aumento significativo de la producción lechera. La mayoría de los países de tradición láctea están situados en el Mediterráneo (ref.3.20). La leche obtenida en este sector lácteo procede del ganado vacuno, bovino, ovino y de camellas. Estas especies son las productoras de leche en los dos continentes excepto la leche de camella que se da solo en África.

En este sector lácteo, al igual que en el sector agrícola, piscícola y pecuario, tanto en África como en Latinoamérica, la división por países y por Zonas se hace de acuerdo con la seguida por la FAO.

## **ÁFRICA**

África representa menos del 5 por ciento de la producción mundial de leche y en la mayoría de los países, el crecimiento de la producción sigue siendo lento. Los principales países productores son Egipto, Etiopía, Kenia, Sudáfrica, y Sudán Norte.

Las ovejas y las cabras son los animales lecheros de los pobres, debido a los bajos costos de inversión de capital y producción requeridos y a la rápida rotación generacional de los animales y, por tanto, a la pronta producción de leche en comparación con otros animales. Las cabras tienen un mayor rendimiento lechero que las ovejas. Las cabras están bastante difundidas en las zonas áridas y semiáridas. La leche de cabra se produce ampliamente en África occidental, generalmente para el consumo en el hogar, aunque a veces se comercializa en el interior de la comunidad (ref.3.21).

Los camellos viven en África y Asia y la mayoría de las veces son criados por nómadas. Pueden producir más leche que ningún otra especie lechera, alimentándose con piensos de mala calidad. En el norte de Kenia, por ejemplo, las camellas producen mucha más leche que el ganado bovino. La población mundial de camellos se estima en 28 millones de cabezas. Los países con el mayor número de camellas lecheras son Somalia, Mali, Etiopía, Níger y Arabia Saudita. En el África subsahariana, los camellos contribuyen con alrededor del 7 por ciento de la producción lechera total (ref.3.22).

En la tabla 3.15 se muestra la producción de productos lácteos (ref.3.5), para el grupo de países seleccionados en África y en la tabla 3.16 la producción láctea total (ref.3.4).

En el Anexo 7 se muestra la producción láctea (ref.3.4;3.5) en los países de África contenidos en la tabla 2.12 por Zona y país.

**Tabla 3.15 Producción de productos lácteos en Tm / año en África para el grupo de países seleccionados**

	<b>Senegal</b>	<b>Mauritania</b>	<b>Uganda</b>	<b>Camerún</b>
Leche desnatada de vaca	9.767	20.447	7.600	
Mantequilla de leche vaca	856	896	400	
Leche entera de vaca	1.236.440	559.529	1.656.383	171.706
Leche entera de cabra	12,648	98.602		53.371
Leche entera de camella	517	26.098		
Leche entera de oveja	10.473	72.801		18.673



**Tabla 3.16 - Producción total de leche en millones de Tm / año en África para el primer grupo de países seleccionados**

PAÍSES	Producción láctea
Senegal	0,2
Mauritania	0,4
Camerún	0,2
Uganda	1,2

### **LATINOAMÉRICA**

La lechería de Latinoamérica se caracteriza por la existencia de dos tipos de organizaciones de la producción primaria, por un lado los países del Cono Sur (Argentina, Chile y Uruguay), con una estructura productiva relativamente homogénea, con fincas que en comparación con las superficies medias del resto de Latinoamérica pueden considerarse de mayor tamaño, con menor cantidad de fincas, con sistemas de producción de orientación pastoril templada y de naturaleza especializada; por el otro lado, en el resto de los países, la estructura productiva es más heterogénea, de naturaleza dual, con fincas cuyo tamaño medio es bastante inferior al que predomina en la región del Cono Sur, con mayor cantidad de fincas, con sistemas de producción de orientación subtropical y donde tienen una alta importancia los sistemas de doble propósito producción de carne y leche.

La estructura industrial láctea es bastante diferente en los países de la región. Según diversas informaciones, todas coinciden en señalar que existe un grupo de países de una alta concentración como Perú, Bolivia, Costa Rica y Uruguay, de hecho en estos dos últimos con el predominio de dos empresas cooperativas; hay países donde se da una concentración intermedia, como los de Panamá, Chile y Paraguay (en este último caso con un predominio de empresas cooperativas), y por último existen sectores industriales cuya concentración (medida por la participación en la recepción de leche) es de baja a muy baja, como México, Colombia, Argentina, Ecuador y Brasil. (ref.3.23).

En la tabla 3.17 se muestra la producción de productos lácteos (ref.3.5), para el grupo de países seleccionados en Latinoamérica y en la tabla 3.18 la producción láctea total (ref.3.6).

En el Anexo 8 se muestra la producción láctea (ref.3.5;3.6) en los países de Latinoamérica contenidos en la tabla 2.12 por Zona y país.

**Tabla 3.17 Producción total de leche en Tm / año en Latinoamérica para el grupo de países seleccionados**

	Panamá	Ecuador	Perú	Paraguay
Leche desnatada de vaca	1.102	86.580	74.699	13.950
Mantequilla de leche vaca	56	2.280	3.703	750
Queso de vaca	14.114		19.774	
Queso de cabra			1.160	
Queso de oveja		1.040		
Leche entera de vaca	205.825	2.001.728	205.825	482.436
Leche entera de cabra		980		
Leche entera de oveja		<b>3.617</b>		

**Tabla 3.18- Producción láctea total (millones de Tm /año) en Latinoamérica para el grupo de países seleccionados**

<b>PAÍSES</b>	<b>Producción láctea</b>
Panamá	0,2
Ecuador	6,4
Perú	1,8
Paraguay	0,4

**3.1.5.- PRODUCCIONES PARA EL GRUPO DE PAÍSES SELECCIONADOS**

En la tabla 3.19 se recogen las producciones totales de productos perecederos de los sectores agrícola, piscícola, pecuario y lácteo producidos en el grupo de países seleccionados, en base a los cuales se calcularán las pérdidas .

**Tabla 3.19 - Producciones (miles de Tm / año) por sectores para el grupo de países seleccionados**

PAISES	AGRICULTURA			PESCA	CARNE	LÁCTEO	PROD. TOTAL
	raíces & tubérculos	frutas & hortalizas	TOTAL				
<b>Senegal</b>	521	822	1.343	422	187	200	2.152
<b>Mauritania</b>	6	55	61	536	101	400	1.098
<b>Camerún</b>	5.878	7.142	13.020	176	331	200	13.727
<b>Uganda</b>	5.185	5.302	10.487	507	381	1.200	12.575
<b>Panamá</b>	41	525	566	150	254	200	1.170
<b>Ecuador</b>	646	8.182	8.828	1.128	753	6.400	17.109
<b>Perú</b>	6.123	7.356	13.479	3.808	1.460	1.800	20.547
<b>Paraguay</b>	3.232	561	3.793	26	783	400	5.002

### **3.2- PÉRDIDA DE ALIMENTOS PERECEDEROS**

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) alrededor de un tercio de la producción de los alimentos destinados al consumo humano se pierde o desperdicia en todo el mundo, lo que equivale a aproximadamente 1.300 millones de toneladas al año. Los alimentos se pierden o desperdician a lo largo de toda la cadena alimentaria, es decir, producción, recolección, manipulación, procesamiento y envasado, almacenamiento, transporte, distribución y consumo (ref.3.24).

En los países de ingresos altos y medianos, los alimentos se desperdician de manera significativa en la etapa del consumo, lo que significa que se desechan incluso si todavía son adecuados para el consumo humano. En las regiones industrializadas, también se producen pérdidas importantes al principio de las cadenas de suministro de alimentos.

En los países de ingresos bajos, los alimentos se pierden principalmente durante las primeras etapas y las etapas intermedias de la cadena de suministro de alimentos (manipulación, procesos de producción, almacenamiento y distribución) y se desperdician muchos menos alimentos en el consumo.

En general, en el mundo industrializado se desperdician muchos más alimentos per cápita que en los países en desarrollo. Se calcula que el desperdicio per cápita de alimentos por consumidor en Europa y América del Norte es de 95 a 115 kg/año, mientras que en el África subsahariana y en Asia meridional y sudoriental esta cifra representa solo de 6 a 11 kg/año (ref.3.24).

#### **3.2.1 CAUSAS Y FACTORES QUE PROPICIAN LAS PÉRDIDAS DE ALIMENTOS PERECEDEROS**

Las causas de las pérdidas y el desperdicio de alimentos en los países en vías de desarrollo, durante las fases de la cadena alimentaria, están relacionadas con las limitaciones económicas, gestión de las técnicas de aprovechamiento, infraestructuras y sistemas de comercialización (ref.3.24). Existen diferentes formas de clasificar los alimentos, la clasificación hecha por la FAO que incluye todos los productos primarios en los que hay que diferenciar los de origen vegetal y los de origen animal y la clasificación sobre la cadena alimentaria del Comité de Seguridad Alimentaria (CSA).

En los productos de origen vegetal, las causas en la etapa de producción pueden ser naturales como plagas y climáticas y humanas como ineficiencia, derrames en la cosecha y mal estado de la maquinaria; en la etapa de manipulación y almacenamiento, las causas se deben a lesiones mecánicas, exceso de madurez o inmadurez, carencia de infraestructuras frigoríficas para su almacenamiento y transporte y por último en la etapa de procesamiento donde

las causas son el descarte de productos o los fallos técnicos de funcionamiento.

En los productos de origen animal, las causas en la etapa de producción, en el caso del pescado, se dan en la captura, por los peces que se encuentran muertos o dañados, en el caso de la carne, son debidas a la muerte de las crías por enfermedades y en el caso de la leche, se deben a mecanismos de extracción poco adecuados o por enfermedades. En la etapa de manipulación y almacenamiento, en el caso del pescado, se deben a derrames o deterioro en el proceso de congelación y conservación por instalaciones frigorífica escasas, deficitarias o carencia de las mismas y envasado tras su transporte, en el caso de la carne, parte se pierde durante el transporte hasta el matadero y en el caso de la leche, por inadecuados sistemas de tuberías instalados en las granjas para transportar la leche desde el ordeño al depósito de recogida. En la etapa de procesamiento, que normalmente se ubica dentro de la nave de almacenamiento, donde en el caso del pescado, las causas son la eliminación de ciertas partes del mismo para obtener una cierta forma de cortado, en el caso de la carne, en los desechos por desangrado, faenado y vaciado y en el caso de la leche, por derrame durante la pasteurización o en la transformación de la leche en otros productos lácteos.

Las dos etapas de la cadena transporte y distribución, son comunes para los productos de origen vegetal y animal. En dichas etapas las causas son debidas a caídas o golpes del producto, embalajes inapropiados, deficitaria instalación de refrigeración - si es que existe - en el vehículo de transporte y en los comercios de distribución el mal funcionamiento de la instalación frigorífica y la mala gestión de comercialización de productos con fecha de caducidad o consumo próxima. Por último, la etapa de consumo, donde la mala gestión, tanto del consumidor final como de los establecimientos de restauración, es la causante de las pérdidas por ignorar las fechas de caducidad y la mala conservación de los alimentos.(3.25)

### **3.2.2 ALCANCE DE LAS PÉRDIDAS Y LOS DESPERDICIOS DE LOS PRODUCTOS PERECEDEROS**

El alcance de las pérdidas porcentuales de los productos perecederos considerados, que se producen en las zonas de los países de la tabla 2.12, se exponen en las tablas 3.20 ; 3.21 y 3.22.

Los porcentajes de pérdidas se obtuvieron a través del estudio realizado por Jenny Gustavsson (Swedish Institute for Food- Gothenburg, Suecia) y Robert van Otterdijk (FAO, Roma, Italia) (ref. 3.24),.

**Tabla 3.20 - Porcentaje de pérdidas calculadas para cada grupo de productos perecederos en cada fase de la cadena de suministros de alimentos para África Norte.**

	Producción	Manejo posproducción y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
<b>Raíces y Tubérculos</b>	6	10	12	4	6
<b>Frutas y hortalizas</b>	17	10	20	15	12
<b>Pescado y mariscos</b>	6,6	5	9	10	4
<b>Carne</b>	6,6	0,2	5	5	8
<b>Leche</b>	3,5	6	2	8	2

**Tabla 3.21 - Porcentajes de pérdidas calculadas para cada grupo de productos perecederos en cada fase de la cadena de suministros de alimentos para África Subsahariana (Centro, Este, Oeste y Sur)**

	Producción	Manejo posproducción y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
<b>Raíces y Tubérculos</b>	14	18	15	5	2
<b>Frutas y hortalizas</b>	10	9	25	17	5
<b>Pescado y mariscos</b>	5,7	6	9	15	2
<b>Carne</b>	15	0,7	5	7	2
<b>Leche</b>	6	11	0,1	10	0,1

**Tabla 3.22 - Porcentajes de pérdidas calculadas para cada grupo de productos perecederos en cada fase de la cadena de suministros de alimentos para Latinoamérica**

	Producción	Manejo posproducción y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
<b>Raíces y Tubérculos</b>	14	14	12	3	4
<b>Frutas y hortalizas</b>	20	10	20	12	10
<b>Pescado y mariscos</b>	5,7	5	9	10	4
<b>Carne</b>	5,3	1,1	5	5	6
<b>Leche</b>	3,5	6	2	8	4

Como se trata de establecer los volúmenes frigoríficos necesarios para reducir las pérdidas de productos perecederos, es preciso analizar las etapas de la cadena alimentaria que necesitan del frío para su conservación. Producción y consumo no tienen necesidades de refrigeración industrial. En estos países, la fase de procesamiento considera operaciones simples de manipulación como limpiado, calibrado, selección y envasado donde no hace falta la climatización. Son las etapas de almacenamiento y distribución las que requieren refrigeración.

A través de estas tablas de porcentajes de pérdidas en cada fase de la cadena y en base a las producciones de productos perecederos en cada uno de los países seleccionados, que se muestran en la tabla 3.19, se obtienen las pérdidas, que se registran en la tabla 3.23, las cuales se pueden ahorrar mediante la implementación de una infraestructura frigorífica adecuada en cada país.

**Tabla 3.23 - Pérdidas (miles de Tm /año) en los diversos sectores para el grupo de países seleccionados**

	PÉRDIDAS POR SECTORES						PÉRDIDAS TOTALES POR PAÍS
PAÍSES	AGRICULTURA			PESCA	CARNE	LÁCTEO	
	raíces & tubérculos	frutas & hortalizas	TOTAL				
Senegal	120	214	334	89	15	42	480
Mauritania	1	14	15	113	8	84	220
Camerún	1.352	1.857	3.209	37	26	42	3.314
Uganda	1.193	1.379	2.572	106	30	252	2.960
Panamá	7	116	1.123	23	18	28	1.292
Ecuador	110	1.800	1.910	169	53	896	3.028
Perú	1.041	1.618	2.659	571	102	252	3.584
Paraguay	550	125	675	4	48	60	787

### **3.3 - CAPACIDAD FRIGORÍFICA INSTALADA EN EL GRUPO DE PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO SELECCIONADOS**

Como se ha expuesto anteriormente las pérdidas de los productos perecederos en los países en vías de desarrollo, desde su cultivo hasta la llegada al consumidor final, viene muy influenciada por la carencia de infraestructuras frigoríficas fundamentalmente en frutas y pescado.

En la tabla 3.24, se muestra los habitantes por metro cúbico de almacén frigorífico instalado para el grupo de países seleccionados.

No obstante, en el Anexo 9 puede compararse los valores de los habitantes por metro cúbico de almacén frigorífico instalado para un país desarrollado, con los países en vías de desarrollo (ref.3.30).

**Tabla 3.24 - Habitantes por volumen frigorífico (m<sup>3</sup>) existente en el grupo de países seleccionados**

<b><u>PAÍS</u></b>	<b><u>HABITANTES POR M<sup>3</sup></u></b>
<b>Uganda</b>	<b>230</b>
<b>Senegal</b>	<b>220</b>
<b>Camerún</b>	<b>180</b>
<b>Mauritania</b>	<b>170</b>
<b>Ecuador</b>	<b>115</b>
<b>Paraguay</b>	<b>100</b>
<b>Perú</b>	<b>70</b>
<b>Panamá</b>	<b>40</b>

### **3.4 SELECCIÓN DE DOS PAÍSES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA FRIGORÍFICA**

Para la elección de los dos países, entre los seleccionados, se va a analizar cada uno de ellos en base a la utilización de una serie de criterios, además de los Índices de Desarrollo, los cuales darán una información adicional que permitirá conocerles más a fondo, facilitando la elección por descartes de países según los criterios utilizados.

Las consideraciones adicionales que se tendrán en cuenta serán la importancia del sector primario agroalimentario en el desarrollo, la producción y pérdidas de productos perecederos, la deficiencia de volúmenes frigoríficos instalados, los Índices de Desarrollo, incidiendo en las desigualdades, y las facilidades crediticias y su procedencia.

En la tabla 3.25 se recogen todos estos criterios con el fin de facilitar su localización.

El análisis de cada uno de los países seleccionados se indica a continuación.

"Mauritania" es el país con las costas más ricas del mundo. En este sentido la pesca es la actividad más importante en el sector primario alimentario, la agricultura representa menos del 50% del potencial cultivable, lo que no es significativo, la ganadería tiene cierta importancia, empleando al 85% de la fuerza laboral y el sector lácteo abastece el mercado local. No obstante el 70% de las necesidades alimenticias deben de ser importadas (ref.3.31;3.32). La producción por habitante de productos perecederos es muy baja de 0,03 Tm/año. La infraestructura frigorífica es muy deficitaria, pues en la actualidad está en el entorno de 170 habitantes / m<sup>3</sup>, por lo que socialmente es de interés. Si se tiene en cuenta los Índices de Desarrollo, la desigualdad social tiene una desviación del 32%, el Índice de Desigualdad de Género es de 0,626 lo que manifiesta la gran discriminación de las mujeres y el Índice de Pobreza

Multidimensional indica que hay casi un 30% de necesidades básicas en la población. Las fuentes de financiación de proyectos provienen organismos multilaterales. En cuanto a la posible concesión de Créditos Comprador o Créditos FIEM por parte de España, al ser país HIPC (países pobres altamente endeudados) y PMA (países menos adelantados según la OMC) no es considerado como país objetivo por el Estado Español (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad). A pesar de los hallazgos de reservas de gas, la caída de ingresos públicos y como consecuencia su deuda provoca riesgos en la seguridad de cobro. No es un país elegible.

"Camerún" es un país donde la agricultura es la base de la economía y el sector que genera más empleo. Su producción agrícola por superficie cultivable es de las más grandes de África -115 Tm/año por m<sup>2</sup>-, al igual que la producción por habitante de productos perecederos 0,57 Tm/año. La ganadería se desarrolla por todo el país, el sector piscícola y lácteo no tienen incidencia en su economía (3.33). Tiene una infraestructura frigorífica escasa y deficitaria que actualmente está alrededor de 180 habitantes / m<sup>3</sup>, por lo que tiene gran interés social. Considerando los Índices de Desarrollo, la desigualdad social es alta con una desviación del 33%, el Índice de Desigualdad de Género es elevado de 0,568, manifestando la desigualdad entre hombre y mujeres, mientras que Índice de Pobreza Multidimensional del 26%, es el menor entre los países seleccionados en África. Dado que la financiación privada local es difícil, proviene de organismos multilaterales tanto de la UE como Africanos. Actualmente, la situación financiera para ejecutar proyectos utilizando financiación española es muy difícil por falta de garantías aceptables, pues no es país objetivo de España y al estar considerado como país HIPC no es factible ni Crédito Comprador ni Crédito FIEM. Las divisas proporcionadas como consecuencia de la producción petrolera, puede hacer que en un futuro sea posible el plantear a este país como factible para la ejecución de infraestructuras frigoríficas, pero en la actualidad no se le considera elegible.

"Uganda" es un país donde el sector agrícola ha sido un pilar del desarrollo, dando empleo alrededor de un 70% de la población activa y con una alta producción por habitante de productos perecederos de 0,36 Tm/año. La industria pesquera es un sector en crecimiento, concentrándose las reservas piscícolas en los grandes lagos. Es el segundo sector de las exportaciones después del petróleo. La ganadería y el sector lácteo careen de influencia en la economía. La explotación de sus yacimientos petrolíferos la situará en una posición de privilegio en la región (ref.3.34;3.35). Es un país en el que socialmente la implantación de unas infraestructuras frigoríficas adecuadas, actualmente muy precarias, con 230 habitantes / m<sup>3</sup>, supondría un gran beneficio y tendría un gran impacto económico-social para las capas de población más empobrecidas, que es el mayor porcentaje como nos indica el Índice de Desarrollo de 0,493, la desviación por desigualdad del 31%, un Índice



de Desigualdad de Género de 0,522 y un IPM del 35,9%, el más alto de los países seleccionados. Las desigualdades han sido persistentes en la dimensión social y económica, aunque la explotación de sus yacimientos petrolíferos la situará en una posición de privilegio en la región. La financiación de proyectos llega a través de organismos multilaterales. Está encuadrada, en cuanto a prestatario público, en la categoría de país HIPC y PMA siendo considerada por España como país objetivo de especial interés, por lo que es susceptible de estudio por parte del Ministerio de Comercio de España. En un futuro próximo es muy posible que salga de la clasificación de HIPC, si sigue el ritmo de desarrollo actual. Todos estos factores hacen que se la pueda considerar como país a tener en cuenta, sin embargo, por el momento las guerras del norte que ilustran bastante bien el vínculo entre desigualdades y violencia política existente entre distintas etnias, salpica a otros puntos del país, lo que hace que de momento por motivos de seguridad del personal para el desarrollo de este tipo de proyectos no sea elegible.

"Senegal" es un país donde la agricultura es clave para la economía, con una alta producción por habitante de productos perecederos de 0,36 Tm/año, y una palanca para activar el crecimiento, el empleo y la reducción de la pobreza. El sector pesquero es fundamental para la subsistencia de una parte importante de la población, emplea directamente a más de 52.000 pescadores artesanales dando trabajo indirectamente a más de 600.000 personas (Fall, 2012), incluida una proporción importante de mujeres. El sector ganadero constituye una parte importante del sector primario, representando un 27% del mismo, mientras que el sector lácteo es muy precario. No obstante, Senegal tiene una estructura productiva débil dependiendo de las importaciones de alimentos (ref.3.36). Es un país que socialmente tiene una gran dependencia del sector primario, fundamentalmente de la agricultura y de la pesca, con una capacidad frigorífica, muy deficitaria, en torno a 230 habitantes / m<sup>3</sup> de volumen frigorífico. Según muestran los Indicadores de Desarrollo la implantación de unas infraestructuras frigoríficas adecuadas proporcionarían un gran beneficio económico para las capas de población más empobrecidas, localizadas en el sector agrícola y en la pesca artesanal, que es donde trabaja el mayor porcentaje de la población. Esto aumentaría como consecuencia el Índice de Desarrollo Humano actual de 0,493 excesivamente bajo, en el límite con los subdesarrollados, y disminuiría la desviación por desigualdad actual del 31%. Así mismo haría que un mayor número de mujeres se incorporaran a la vida laboral, como consecuencia del desarrollo de este sector primario. De esta manera se disminuiría igualmente el Índice de Desigualdad de Género de 0,521, donde la discriminación de género, producida en parte por la cultura de estos países, se vería reducida por la necesidad de la incorporación de la mujer a ciertos trabajos que el hombre no es proclive a realizar y decrecería el Índice de Pobreza Multidimensional que se sitúa en el 27,8%. Actualmente, a pesar de ser país HIPC y PMA puede financiarse a través de los mercados

internacionales, ya que posee un cuadro macroeconómico estable y un margen relativamente cómodo de endeudamiento. En cualquier caso, gran parte de su financiación concesional y/o comercial proviene de organismos públicos, multilaterales y bilaterales (ref.3.36). No obstante, España lo tiene clasificado en cuanto a prestatarios públicos, dentro de la categoría de países HIPC, como país de especial interés para poder estudiar una financiación con un Crédito FIEM. Es un país políticamente estable, donde las prospecciones petrolíferas off-shore comenzarán a producir en 2020. Con este análisis realizado se le considera el país elegible en África.

"Paraguay" es un país en el que la agricultura en mayor medida y la ganadería constituyen las principales actividades económicas. La tierra es muy fértil aunque está relativamente poco explotada. De hecho, la producción de productos perecederos por habitante es de las más altas 0,71 Tm/año. La pesca y el sector lácteo no tienen incidencia significativa. El sector primario cubre el 27% de la mano de obra activa (ref.3.37;3.38;3.39;3.40). Tiene una gran dependencia del sector primario, con una capacidad frigorífica en torno a 100 habitantes / m<sup>3</sup> que debería mejorarse, lo que redundaría en provecho de las capas sociales menos favorecidas, sobre todo la indígena que trabajan fundamentalmente en el sector primario. El efecto es que la desviación por desigualdad del 24% disminuiría y aumentaría el Índice de Desarrollo Humano de 0,693. El acceso de la mujer a los recursos productivos es desigual en las zonas rurales igual que los microcréditos, el derecho a la propiedad de la tierra y la asistencia técnica, con un Índice de Desigualdad de Género de 0,464, que es de los más alto de Sudamérica, el cual disminuiría. El Índice de Pobreza Multidisciplinar es del 6,4% y según la Secretaria Técnica de Planificación el 26% se encuentra en situación de pobreza y un 4,4% en situación de pobreza extrema, afectando mayoritariamente a las zonas rurales, el efecto sería que estos valores disminuirían. La financiación la obtienen a través de organizaciones multilaterales y la financiación desde España sería a través de un crédito comprador previo estudio por CESCE. Aunque las infraestructuras son muy deficientes (ref.3.39), será el país de mayor desarrollo de Latinoamérica en el año 2019. No obstante, al ser un país bastante pequeño no se le considera como elegible para este tipo de proyecto, pues aunque la producción de productos perecederos es alta para la dimensión del país, excepto en la capital, habría que construir bastantes frigoríficos muy dispersos con volúmenes excesivamente pequeños en las zonas de producción.

"Panamá", es un país con una economía de las más estables, dinámicas, prometedoras y con mayor crecimiento en Latinoamérica. Su economía está centrada en los servicios, siendo un centro de negocios, proyectos financieros e inmobiliarios. La mayor parte del sector agrícola se obtiene en explotaciones de carácter comercial. La pesca ha experimentado en los últimos años un fuerte desarrollo, así como la acuicultura en términos de producción. El sector

ganadero ha crecido ligeramente (ref.3.41;3.42). La producción de productos perecederos por habitantes es de 0,29 Tm/año, siendo de los más bajos del continente. A pesar de tener una infraestructura frigorífica de 40 habitantes por m<sup>3</sup>, necesita aumentarla puesto que cuenta con un 30% de su superficie como suelos fértiles para la agricultura, habiendo utilizado solamente un 8% aproximadamente. Aunque tiene un IDH de 0,788, prácticamente perteneciente a un país desarrollado, es de interés destacar que la desigualdad social tiene una desviación del 22% y el Índice de Pobreza Multidimensional es del 8,3%, siendo el porcentaje de personas en condiciones de pobreza multidimensional elaborado por la Controloría General de la República y el Ministerio de Desarrollo Social de un 19% (ref.3.43). Estos datos corresponden a residentes en zonas rurales donde existiría el mayor desarrollo agrícola, siempre que se les dotara de infraestructuras frigoríficas adecuadas. Al desglosar ese 19% por aéreas geográficas, en las comarcas indígenas hay valores incluso superiores al 40% (ref.3.44). Por otro lado el Índice de Desigualdad de Género es del 45,7% siendo uno de los más altos del continente, el cual disminuiría con un mayor desarrollo agrícola que haría que la mujer tuviera una mayor participación en dicha actividad. El Centro Bancario Internacional de Panamá constituye la principal fuente de financiación local privada. La financiación para proyectos la obtienen a través de instituciones multilaterales americanas (ref.3.42). Es posible la financiación de proyectos desde España de acuerdo al Consenso OCDE, mediante Crédito Comprador siempre con la aprobación de CESCE. No obstante, la complejidad administrativa haría que la realización de un proyecto de infraestructuras frigoríficas debiera de pasar por ciertos trámites de concursos que alargarían el proceso y que al final podría ser adjudicado a otros, por lo que no es país elegible.

"Perú", es un país donde el liberalismo económico hace que el país sea uno de los menos endeudados de la región. La agricultura es la actividad más importante en las zonas rurales, según estadísticas del Ministerio de Agricultura, da trabajo a un 21% de la población activa, dotando a la población peruana el 80% de la provisión de alimentos (ref.3.45). La pesca tiene una gran potencialidad tanto con la pesca artesanal como con la pesca industrial. Las piscifactorías han tenido un notable desarrollo (ref.3.46). La ganadería ha estado siempre orientada al consumo directo, siendo una actividad económica importante pues da trabajo a muchas familias campesinas (ref.3.45). La producción de productos perecederos por habitantes es de 0,66 Tm/año, valor relativamente ajustado para las posibilidades de desarrollo del sector primario. Tiene una infraestructura frigorífica de 70 habitantes / m<sup>3</sup> que habría que aumentar para estar en niveles de país desarrollado y permitir que los excedentes de producción pudieran ser conservados en condiciones apropiadas, lo cual propiciaría el crecimiento agropiscícola, evitando así que los propios peruanos vendan en alta mar sus capturas a barcos congeladores foráneos. Es un país socialmente interesante en donde el IDH ya se aproxima a un país

desarrollado, con una desviación por desigualdad del 22%, un Índice de Desigualdad de Género del 38,5% y un Índice de Pobreza Multidimensional del 10%. Los pobres sufren carencias severas y simultáneas en cuatro de las diez dimensiones del índice, que en el área rural llega al 27% (ref.3.47). Las fuentes de financiación provienen de las principales instituciones multilaterales. Ha comenzado a ser operativo en el mercado sectores de sociedades de capital-riesgo, con mayor flexibilidad inversora y capacidad para asumir riesgo (ref. 3.48). Por parte de España es un país considerado de especial interés como objetivo para proyectos financiados con cargo al crédito FIEM, así mismo hay línea financiera abierta para los Créditos Comprador (ref.3.49). Cabe destacar que las negociaciones con la Administración son muy complicadas y son las empresas privadas las que están haciendo crecer el sector primario. Esto no facilitaría la implementación del proyecto planteado, pues la parte financiera a tratar con la Administración traería consigo excesiva burocracia que produciría un retraso importante, pudiendo ocurrir que durante el período de negociaciones hubiera un cambio de Gobierno sin llegar a finalizarlas, lo que afectaría negativamente al proyecto pues habría que empezar de nuevo, por lo que no es considerado país elegible.

"Ecuador", es un país donde la agricultura es uno de los ejes principales sobre los que se basa su economía, siendo la principal fuente de empleo, representando un 25% de la población económicamente activa. Es un sector en expansión que a medida que se desarrolla, la producción aumenta y el excedente comercializable no dispone de almacenes donde conservarlos (ref.3.50). Las condiciones geográficas y climáticas le permiten tener una gran variedad de cultivos, logrando realizar una amplia diversificación de la típica agricultura ecuatoriana en favor de otros cultivos de gran potencial exportador. La pesca para Ecuador supone una riqueza de una gran magnitud, habiéndose convertido en uno de los mayores productores y exportadores de atún de América del Sur (ref.3.51). El sector ganadero representa una parte importante de la producción agropecuaria siendo en la actualidad autosuficiente para abastecer la demanda del mercado interno. (ref.3.52). El sector lácteo se ha visto muy favorecido por las condiciones ambientales y habrá un cierto desfase entre la expansión de la producción de leche y su demanda efectiva (ref.3.53). La producción de productos perecederos por habitante es la mayor de Latinoamérica con 1,01 Tm / año. La infraestructura frigorífica está en torno a 115 habitantes / m<sup>3</sup>, cifra excesivamente alta y que debería disminuir, ya que hay una disponibilidad de tierras sin cultivar de casi 20%, con un altísimo rendimiento de producción de casi 700 Tm / km<sup>2</sup>. Igualmente la pesca tendería a tener un mayor desarrollo sobre todo por la riqueza que presentan sus aguas y el gran número de personas dedicadas a la pesca artesanal que se estima entorno a 70.000. La captura, especialmente la artesanal, no se trabaja con la intensidad que quisieran por falta de infraestructuras de conservación, teniéndolo que malvender a los precios que les ofrecen grupos organizados. Es un país de un

gran interés social para el desarrollo de infraestructuras frigoríficas, pues a pesar de tener un Índice de Desarrollo Humano de 0,734, próximo a 0,8, típico de país en desarrollo, tiene una desviación de desigualdad del 21%, con un Índice de Desigualdad de Género del 39% que podría disminuir sustancialmente por el acceso de la mujer a la actividad laboral en actividades no deseadas por el hombre, un Índice de Pobreza Nacional que se sitúa alrededor del 23,1%, siendo a nivel rural 41%, debido a la falta de incentivación del agricultor y del pescador artesanal, y a nivel urbano 14,6% (ref.3.55) y un Índice de Pobreza Multidisciplinar Nacional en entorno del 14,5%. Las fuentes de financiación locales prácticamente no existen a largo plazo, por lo que aprovechan la financiación multilateral. España, en la actualidad, tiene abierta una línea financiera con Ecuador según Consenso OCDE, mediante Crédito Comprador siempre con la aprobación de CESCE (ref.3.54). Es un país de una gran experiencia en Créditos FIEM, pues en 2016 obtuvo el 76% de los FIEM concedidos por España; actualmente no está clasificado como país objetivo FIEM, aunque si es admitido para su estudio. Es un país que, en base a lo argumentado, será el otro país elegible.

**Tabla 3.25 - Criterios utilizados en la selección de los dos países**

PAIS	IDH	Desviación %	GII	IPM	Producción Total 10 <sup>3</sup> Tm / año	Habitantes por m <sup>3</sup> de frío instalado
Senegal	0,494	33	0,521	0,278	2.152	220
Mauritania	0,513	32	0,626	0,291	1.098	170
Camerún	0,518	33	0,568	0,26	13.727	180
Uganda	0,493	31	0,522	0,359	12.575	230
Panamá	0,788	22	0,457	0,083	1.170	40
Ecuador	0,739	21	0,391	0,015	17.109	115
Perú	0,74	22	0,385	0,043	20.547	70
Paraguay	0,693	24	0,464	0,064	5.002	100

PAIS	Criterios financiación - tipos de créditos			
	Multilateral	Créditos locales	Comprador Consenso OCDE (crédito español)	Crédito FIEM
Senegal	WB,BID,BAD,BID	no	no	si
Mauritania	FED,BID,BAD	no	no	no
Camerún	UE,WB,BAD,BID	difícil	no	no
Uganda	WB,BAD,BEI, Japón, China	no	no	si
Panamá	BID,CAF,BCIE,BEI	si	si	no

FED - Fondo Europeo de Desarrollo  
 BID - Banco Islámico de Desarrollo  
 CAF - Corporación Andina de Fomento  
 BAD - Banco Africano de Desarrollo  
 UE - Comunidad Económica Europea

WB - Banco Mundial  
 BEI - Banco Europeo de Inversiones  
 BID - Banco Interamericano de Desarrollo  
 BCIE - Banco Centroamericano de Integración

Los dos países seleccionados Senegal y Ecuador, uno en África y el otro en Latinoamérica, sobre los que se centra este trabajo, tienen características bastante similares, pues tanto la agricultura como la pesca constituyen los pilares de sus economías. Las producciones y pérdidas de productos de ambos países se obtienen de la tabla 3.23 y se muestran en la tabla 3.26.

**Tabla 3.26 - Producciones y pérdidas estimadas de Ecuador y Senegal**

<b>PRODUCCIÓN</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Pesca</b>	<b>Carne</b>	<b>Leche</b>	<b>TOTAL</b>
	mil Tm / año	mil Tm / año	mil Tm / año	mil Tm / año	mil Tm / año
ECUADOR	8.828	1.128	753	6.400	17.109
SENEGAL	1.341	422	187	200	2.152
<b>PÉRDIDAS</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Pesca</b>	<b>Carne</b>	<b>Leche</b>	<b>TOTAL</b>
	mil Tm / año	mil Tm / año	mil Tm / año	mil Tm / año	mil Tm / año
ECUADOR	1.910	169	53	896	3.028
SENEGAL	334	89	15	42	480

El volumen de infraestructura frigorífica necesario para paliar las pérdidas de productos perecederos considerando solo las etapas de almacenamiento y distribución, ya que el resto de etapas no precisan de refrigeración, sería como a continuación se indica para cada uno de los dos países.

### **Ecuador**

- frutas y vegetales: se consideran pérdidas por manipulación 15%, 45 rotaciones por año y una densidad de almacenamiento de 225 Kg / m<sup>3</sup>

el volumen frigorífico necesario sería:  $(1.910.000.000 \text{ Kg/año} \times 0,85) / (45 \times 225 \text{ Kg/m}^3) = 163.032 \text{ m}^3$

- pescado: se consideran pérdidas por manipulación 15%, 40 rotaciones por año y una densidad de almacenamiento de 150 Kg / m<sup>3</sup>

el volumen frigorífico necesario sería:  $(169.000.000 \text{ Kg/año} \times 0,85) / (40 \times 150 \text{ Kg/m}^3) = 23.942 \text{ m}^3$

- carne: se consideran pérdidas por manipulación 15%, 30 rotaciones por año y una densidad de almacenamiento de 225 Kg / m<sup>3</sup>

el volumen frigorífico necesario sería:  $(53.000.000 \text{ Kg/año} \times 0,85) / (30 \times 225 \text{ Kg/m}^3) = 6.674 \text{ m}^3$

- leche: se consideran pérdidas por manipulación 10%, 80 rotaciones por año y una densidad de almacenamiento de 225 Kg / m<sup>3</sup>

el volumen frigorífico necesario sería:  $(896.000.000 \text{ Kg/año} \times 0,90) / (80 \times 225 \text{ Kg/m}^3) = 44.800 \text{ m}^3$ .

Por tanto, el volumen frigorífico total necesario sería:  $163.032 + 23.942 + 6.674 + 44.800 = 238.448 \text{ m}^3$ .

Este volumen frigorífico tendría capacidad para almacenar el tonelaje siguiente:

- frutas y vegetales -  $163.032 \text{ m}^3 \times 225 \text{ kg /m}^3 = 36.682.200 \text{ Kg}$

- pescado -  $23.942 \text{ m}^3 \times 150 \text{ kg /m}^3 = 3.591.300 \text{ Kg}$

- carne -  $6.674 \text{ m}^3 \times 225 \text{ kg /m}^3 = 1.501.650 \text{ Kg}$

- leche -  $44.800 \text{ m}^3 \times 225 \text{ kg /m}^3 = 10.080.000 \text{ Kg}$

- Total = 51.855.150 kg

Este cálculo implicaría tener una infraestructura frigorífica capaz de almacenar aproximadamente 52.000 Tm, para lo que se necesitaría un volumen frigorífico de 239.000 m<sup>3</sup>

### Senegal

- frutas y vegetales: se consideran pérdidas por manipulación 15%, 35 rotaciones por año y una densidad de almacenamiento de 200 Kg / m<sup>3</sup>

el volumen frigorífico necesario sería:  $(343.000.000 \text{ Kg/año} \times 0,85) / (35 \times 200 \text{ Kg/m}^3) = 40.557 \text{ m}^3$

- pescado: se consideran pérdidas por manipulación 20%, 40 rotaciones por año y una densidad de almacenamiento de 135 Kg / m<sup>3</sup>

el volumen frigorífico necesario sería:  $(89.000.000 \text{ Kg/año} \times 0,80) / (40 \times 135 \text{ Kg/m}^3) = 13.185 \text{ m}^3$

- carne: se consideran pérdidas por manipulación 15%, 30 rotaciones por año y una densidad de almacenamiento de 200 Kg / m<sup>3</sup>

el volumen frigorífico necesario sería:  $(15.000.000 \text{ Kg/año} \times 0,85) / (30 \times 200 \text{ Kg/m}^3) = 2.125 \text{ m}^3$

- leche: se consideran pérdidas por manipulación 15%, 80 rotaciones por año y una densidad de almacenamiento 200 Kg / m<sup>3</sup>

el volumen frigorífico necesario sería:  $(42.000.000 \text{ Kg/año} \times 0,85) / (80 \times 200 \text{ Kg/m}^3) = 2.231 \text{ m}^3$ .

Por tanto el volumen frigorífico total necesario sería:  $40.557 + 13.185 + 2.125 + 2.231 = 58.099 \text{ m}^3$ .

Este volumen frigorífico tendría capacidad para almacenar el tonelaje siguiente:

- frutas y vegetales -  $40.557 \text{ m}^3 \times 200 \text{ kg /m}^3 = 8.111.429 \text{ Kg}$

- pescado -  $13.185 \text{ m}^3 \times 135 \text{ kg /m}^3 = 1.780.000 \text{ Kg}$

- carne -  $2.125 \text{ m}^3 \times 200 \text{ kg /m}^3 = 425.000 \text{ Kg}$

- leche -  $2.231 \text{ m}^3 \times 200 \text{ kg /m}^3 = 1446.250 \text{ Kg}$

- Total = 10.762.679 kg

Este cálculo implicaría tener una infraestructura frigorífica capaz de almacenar aproximadamente 11.000 Tm, para lo que se necesitaría un volumen frigorífico de 59.000 m<sup>3</sup>.

### **3.5 - UBICACIÓN DE LOS ALMACENES FRIGORÍFICOS EN LOS DOS PAÍSES SELECCIONADOS**

"Ecuador" cuenta con tres regiones (ref 3.56), la Costa - al oeste del país es la zona más fértil - , con siete provincias, Sierra, con diez, y Oriente con seis. En la tabla 3.27 se muestran los emplazamientos elegidos como posibles en el caso del Ecuador, el tipo o tipos de almacenes propuestos, producto a almacenar y volúmenes frigoríficos según su aplicación y habitantes, cuya localización se puede ver en la figura 3.2. Con el fin de indicar los productos por sectores que se almacenarían en cada frigorífico, se describen las zonas en las que predominan las especies de cada sector primario. En el sector agrícola la horticultura produce en la región de la Sierra un 86%, en la de la Costa un 13% y en el Oriente un 1%; en cuanto a la fruta el 54% se produce en la Costa, el 41% en la Sierra y un 5% en el Oriente (ref.3.57). En el sector piscícola se concentra en la región Costa en las provincias de Manabí, Guayas, Santa Elena y el Oro, siendo Manta con gran diferencia el puerto de mayores desembarques en Tm/año, seguido de Guayaquil y Pesora (ref.3.58). En el sector cárnico la producción más importante se da en las regiones de la Sierra seguida de la Costa, siendo Manabí la provincia de mayor producción seguida de Guayas, Pichincha y Loja (ref.3.60). En el sector lácteo el 73% de producción se da en la Sierra, siendo Pichincha la provincia de mayor aporte, incluso nacional, seguida de Azuay y Cotopaxi, el 19% en la Costa siendo la provincia de Manabí la de mayor producción y segunda a nivel nacional y un 8% en el Oriente donde la provincia de Zamora Chinchipe es la de mayor producción (ref.3.60).



**Tabla 3.27- Emplazamientos elegidos para la infraestructura frigorífica en Ecuador**

Región	Provincia	Ciudad	(1) 10 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> frigorí.	Tipo Almacén	Sectores
Costa	Manabí	Portoviejo	210	10.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Costa	Manabi	Manta (2)	220	15.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Costa	Manabi	Salango	5	800	C.Acopio	pesca
Costa	Manabi	Machalilla	5	800	C.Acopio	pesca
Costa	Manabi	Puerto Lopez	21	800	C.Acopio/ Distribución	pesca-agricultura
Costa	Guayas	Guayaquil (2)	2.300	50.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Costa	Guayas	Posorja	24	900	C.Acopio/ Distribución	pesca-agricultura
Costa	Santa Elena	Monteverde (3)	40	1.500	C.Acopio	pesca
Costa	Santa Elena	Chanduy	16	800	C.Acopio/ Distribución	pesca-agricultura
Costa	Los Ríos	Babahoyo	91	4.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Costa	Esmeraldas	Esmeraldas (2)	155	10.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Costa	El Oro	Machala	232	9.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Costa	El Oro	Puerto Bolívar (2)	8,3	15.000	C.Acopio/ Distribución	pesca-agricultura
Sierra	Pichincha	Quito (3)	1.700	35.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Pichincha	Sangolqui	75	3.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Pichincha	Cayambe (3)	40	6.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Pichincha	Machachi	17	800	C.Acopio/ Distribución	agricula-carne
Sierra	Azuay	Cuenca	350	15.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Azuay	Gualaceo	18	800	C.Acopio	agricula
Sierra	Bolívar	Guaranda (3)	24	4.500	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Bolívar	Chillanes	2,8	800	C.Acopio	agricula
Sierra	Cotopaxi	Latacunda (3)	64	7.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Chimborazo	Riobamba (3)	147	9.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Cañar	Azogues	34	1.500	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Imbabura	Ibarra (3)	132	9.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Imbabura	Otavalo (3)	40	4.000	C.Acopio/Distribución	Agricultura-carne
Sierra	Imbabura	Atuntaqui	22	800	Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Carchi	Tulcán (3)	61	5.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Carchi	San Gabriel	15	800	C.Acopio/Distribución	papas/leche-agric-pesca
Sierra	Tungurahua	Ambato (3)	166	9.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Sierra	Tungurahua	Pelileo	10,5	800	C.Acopio/Distribución	agri-carne/pesc-agropec
Oriente	Sucumbios	Nueva Lonja	50	2.000	C.Acopio / Stocks	pesca-agric-carne
Oriente	Morona Sant	Macas	19	800	C.Acopio /Distribución	pesca-agrico-carne
Oriente	Napo	Tena	24	1.000	C.Acopio /Distribución	pesca-agrico-carne
Oriente	Orellana	Fco.Orellana	41	1.500	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Oriente	Pastaza	Puyo	34	1.500	C.Acopio /Distribución	pesca-agrico-carne
Oriente	Zamora Chin	Zamora	13	800	C.Acopio/Distribución	carne/pesc-agrpec

Nota - el sector cárnico incluye leche

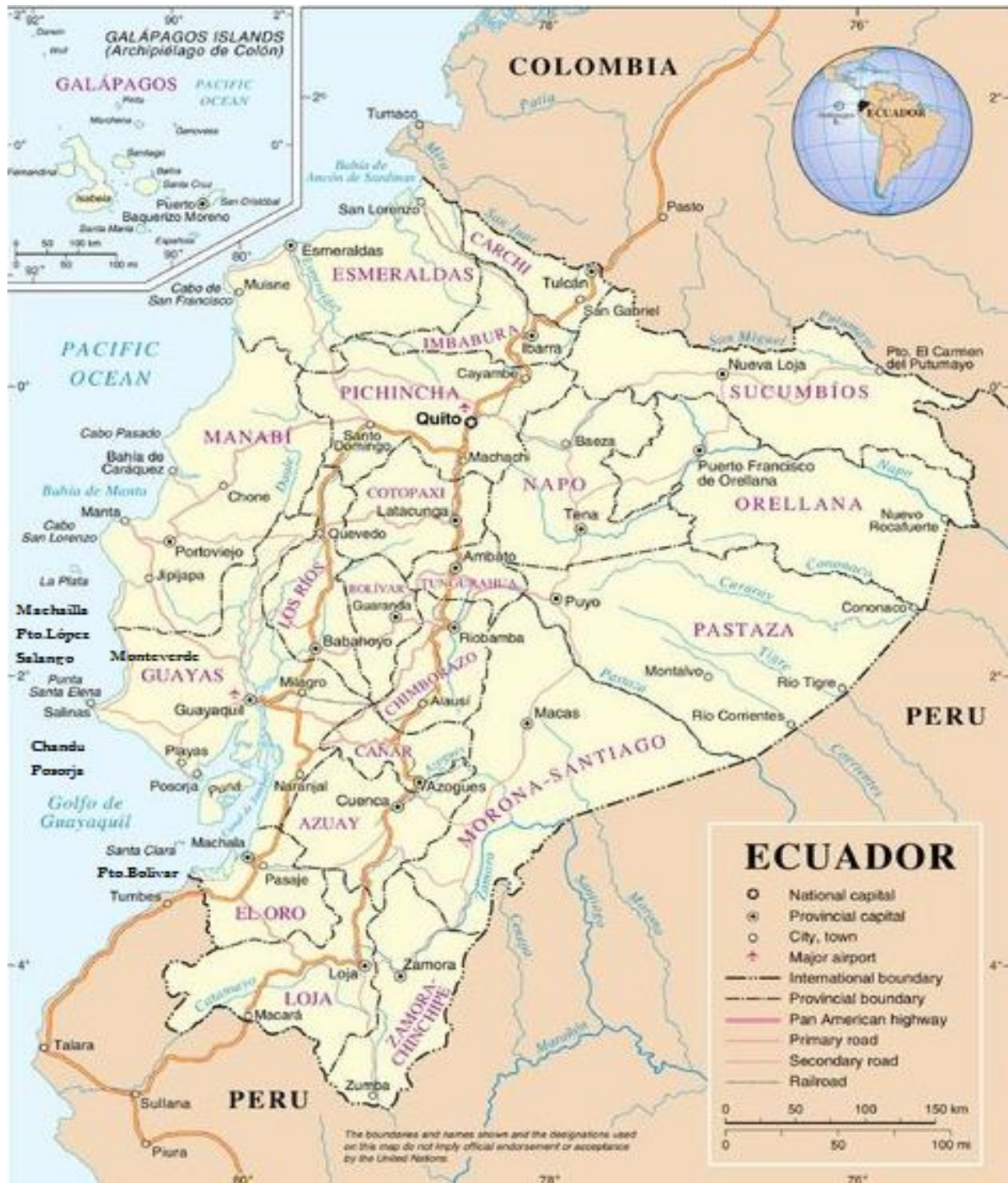
(1) - Población

(2) - Puerto exportación

(3) - Centro Agrícola

Stocks - Almacén de larga estancia

Figura 3.2 - Mapa de Ecuador



"Senegal" cuenta con catorce regiones, como se puede ver en la figura 3.3 (ref.3.61). En la tabla 3.28 se muestran las ubicaciones elegidas como posibles, con los distintos tipos de almacenes, producto a almacenar y volúmenes frigoríficos según su aplicación y habitantes, cuyos emplazamientos se recogen en la figura 3.3. Se describen las zonas de los sectores primarios en las que predominan las especies de cada de ellos, con el fin de indicar los productos que se almacenarían en cada ubicación. Las principales zonas agrícolas se encuentran en los valles y deltas del río Senegal, en el norte del país estableciendo frontera con Mauritania, al sur del país en la franja entre Guinea Bissau y Gambia y del río Gambia. Estos límites recorren las regiones de Saint-Louis, Matam, Tambacounda, Kedougou, Kolda, Sedhiou y Ziguinchor (ref.3.62). El sector piscícola se extiende a lo largo de toda la costa desde St.Louis hasta Oussouye. Las regiones con mayor producción ganadera son Kaffrine, Tambacounda, Kolda y Sedhiou. El sector lácteo es mínimo. (ref.3.63)

**Tabla 3.28- Emplazamientos elegidos para infraestructura frigorífica en Senegal**

Región	Ciudad	(1) 10 <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> frigor.	Tipo Almacén	Sectores
Dakar	Dakar	1.100	20.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Diourbel	Touba	825	14.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Thies	Thies	320	6.000	C.Acopio/Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Saint Louis	Saint Louis	170	5.600	C.Acopio/Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Ziguinchor	Ziguinchor	153	4.000	C.Acopio/Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Diourbel	Diourbel	133	3.000	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Tambakounde	Tambakounde	80	1.800	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Saint Louis	Richard Toll	70	1.800	C.Acopio/Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Kolda	Velingara	24	700	Stocks/ Distribución	pesca-agrico-carne
Saint Louis	Dagana	33	700	C.Acopio (pescado)/Distribución	pesca-agrico-carne
Louga	Dahra	30	700	C.Acopio (agrícola)/Distribución	pesca-agrico-carne
Matam	Thilogne	10	700	Stocks	pesca-agrico-carne

(1) Población

Stocks - Almacén de larga estancia

**Figura 3.3 - Mapa de Senegal**



## **BIBLIOGRAFÍA**

3.1 - La agricultura en países en vías de desarrollo, particularidades de su financiación. Molina Elda, Victorero Erneto  
<http://biblioteca.clacso.edu.ar/Cuba/ciei-uh/20150908010537/Financiamientoagricultura.pdf>

3.2 - Tendencias y desafíos para lograr una agricultura sostenible  
[www.cecodes.org.co/site/tendencias-y-desafios-para-lograr-una-agricultura-sostenible/](http://www.cecodes.org.co/site/tendencias-y-desafios-para-lograr-una-agricultura-sostenible/)  
Agricultura y desarrollo rural | Data - Banco Mundial, Datos  
<https://datos.bancomundial.org/tema/agricultura-y-desarrollo-rural>

3.3 - Las mujeres en la agricultura: cerrar la brecha de género en aras del desarrollo  
<http://www.fao.org/publications/sofa/2010-11/es/>

3.4 - FAO statistical yearbook 2014: Africa food and agriculture  
<http://www.fao.org/3/a-i3620e.pdf>

3.5 - FAOSTAT  
[www.fao.org/faostat/es/](http://www.fao.org/faostat/es/)

3.6 - FAO statistical yearbook 2014: Latin American and Caribbean food and agriculture  
<http://www.fao.org/3/a-i3592e.pdf>

3.7 - El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016.  
<http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>

3.8 - pasado, presente y posible futuro de la industria pesquera  
<http://www.fao.org/docrep/003/V8490S/v8490s03.htm>

3.9 - El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura - 1996  
<http://www.fao.org/docrep/003/w3265s/w3265s00.htm>

3.10 - Producción de pescado por país, continente, por especie  
Global Production Statistics 1950-2016  
Food and Agriculture Organization of the United Nations  
Fisheries and Aquaculture Department  
<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/es>

3.11 - El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura . Depósitos de documentos de la FAO  
<http://www.fao.org/docrep/003/w3265s/w3265s00.htm#Contents>  
Análisis por regiones  
[www.fao.org/docrep/003/w3265s/w3265s04.htm](http://www.fao.org/docrep/003/w3265s/w3265s04.htm)

3.12 - Producción animal | FAO | Organización de las Naciones Unidas para ...  
[www.fao.org/animal-production/es/](http://www.fao.org/animal-production/es/)



3.13 - Aprovechar el sector ganadero para el desarrollo sostenible | Planeta ...  
<https://elpais.com> › Planeta Futuro › Red de expertos

3.14 - Ganado y Producción animal - FAO  
[www.fao.org/ag/againfo/themes/es/animal\\_production.html](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/animal_production.html)

1.  
3.15 - FAO Dirección de Producción y Sanidad Animal  
[http://www.fao.org/ag/againfo/home/es/news\\_archive/2014\\_Focusing\\_on\\_the\\_non-poor\\_is\\_good\\_for\\_the\\_poor.html](http://www.fao.org/ag/againfo/home/es/news_archive/2014_Focusing_on_the_non-poor_is_good_for_the_poor.html)

3.16 - Ganadería mundial 2011 La ganadería en la seguridad alimentaria  
<http://www.fao.org/docrep/016/i2373s/i2373s00.pdf>

3.17 -Ganadería sostenible y cambio climático en América Latina y el Caribe  
[www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es](http://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es)

3.18 - Ganadería, oportunidad y amenaza para una América Latina sostenible  
[www.ipsnoticias.net/.../ganaderia-oportunidad-y-amenaza-para-una-america-latina-sos](http://www.ipsnoticias.net/.../ganaderia-oportunidad-y-amenaza-para-una-america-latina-sos).

3.19 - Ganadería - Trabajos - Flor Gonzalez 854 - Club Ensayos.com  
<https://www.clubensayos.com>

3.20 - Producción lechera  
<http://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>

3.21- Producción y productos lácteos: Pequeños rumiantes - FAO  
<http://www.fao.org/dairy-production-products/production/productiondairy-animals/productiondairy-animalssmall-ruminants/es/>

3.22 - Producción y productos lácteos. Camellos. FAO  
<http://www.fao.org/dairy-production-products/production/productiondairy-animals/productiondairy-animalscamels/es/>

3.23 - Situación de la lechería en América Latina y el Caribe  
[http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Dairy/Documents/Paper\\_Lecher%C3%ADAmLatina\\_2011.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lecher%C3%ADAmLatina_2011.pdf)

3.24 - P é r d i d a s y desperdicios de alimentos en el mundo. Estudio realizado para el congreso internacional SAVE FOOD en Interpack 2011 Düsseldorf, Alemania  
<http://www.fao.org/3/a-i2697s.pdf>

3.25 - Pérdida y desperdicio de alimentos. Habilitando los conceptos - M<sup>a</sup> Cleva y Javier Casares - UCM - Mercasa - alimentos de origen animal y vegetal  
[http://www.mercasa.es/files/multimedios/1513711182\\_Perdida\\_y\\_desperdicio.pdf](http://www.mercasa.es/files/multimedios/1513711182_Perdida_y_desperdicio.pdf)

3.26 - Pérdidas y desperdicios de alimentos: diciembre 2017  
<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/residuosFinal-1.pdf>

3.27 - Correcta Manipulación de Vegetales y Frutas by Ro D'Avanzo on Prezi  
<https://prezi.com/rmm3o5hlyf9l/correcta-manipulacion-de-vegetales-y-frutas/>

3.28 - Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas sostenibles

[www.fao.org/3/a-i3901s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i3901s.pdf)

3.29 - Manual del curso de manipulador de frutas y hortalizas

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/6179-](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/6179-Sumario%20Manual%20del%20curso%20de%20manipulador%20de%20frutas%20y%20hortalizas.pdf)

[Sumario%20Manual%20del%20curso%20de%20manipulador%20de%20frutas%20y%20hortalizas.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/6179-Sumario%20Manual%20del%20curso%20de%20manipulador%20de%20frutas%20y%20hortalizas.pdf)

3.30 - 2014 IARW Global Cold Storage Capacity Report

<http://www.cold.org.gr/library/downloads/Docs/Capacity%20and%20growth%20of%20refrigerated%20warehousing%20by%20country.pdf>

3.31 - Ganadería de Mauritania by celia torres on Prez

<https://prezi.com/0cnpxpfviswc/ganaderia-de-mauritania/>

3.32 - Informe Económico y Comercial de Mauritania - Julio 2018 - ICEX

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DOC2018793443.pdf>

3.33 - Informe Económico y Comercial de Camerún - 2016 - ICEX

[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/4648284%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/4648284%20(1).pdf)

3.34 - Informe Económico y Comercial de Uganda - 2017- ICEX

<http://www.comercio.gob.es/tmpDocsCanalPais/9F04EDFEC48017B9935C31C9B4B68FB7.pdf>

3.35 - Desigualdades Horizontales, Guerras Y Paz Violenta En El Norte De Uganda. Mauricio Uribe López

[http://institucional.us.es/revistas/Araucaria/39\\_2018/3.%20Uribe%20Lo%CC%81pez.pdf](http://institucional.us.es/revistas/Araucaria/39_2018/3.%20Uribe%20Lo%CC%81pez.pdf)

3.36 - Informe económico y comercial. Senegal 2018 - ICEX

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DOC2018782036.pdf>

3.37 - Informe económico y comercial. Paraguay 2018 - ICEX

[file:///C:/TESIS-PROY%20FRIGO/REFERENCIAS-CAPITULO%203/2019/PARAGUAY%202018-ICEX-----DOC2018796588%20\(1\).pdf](file:///C:/TESIS-PROY%20FRIGO/REFERENCIAS-CAPITULO%203/2019/PARAGUAY%202018-ICEX-----DOC2018796588%20(1).pdf)

3.38 - Principales actividades económicas del Paraguay

<http://www.abc.com.py/edicion-impresasuplementos/escolar/principales-actividades-economicas-del-paraguay-468322.html>

3.39 - Economía de Paraguay - Monografías.com

[www.monografias.com/trabajos94/economia-del-paraguay/economia-del-paraguay.shtml](http://www.monografias.com/trabajos94/economia-del-paraguay/economia-del-paraguay.shtml)

3.40 - Paraguay en una mirada - FAO

<http://www.fao.org/paraguay/fao-en-paraguay/paraguay-en-una-mirada/es/>

3.41 - Importancia del sector primario | Panamá América

<https://www.panamaamerica.com.pa/opinion/importancia-del-sector-primario-1099256>

3.42 - Informe Económico y Comercial Panamá 2017

Elaborado por la Oficina Comercial de España en Panamá  
[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DOC2017736836%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DOC2017736836%20(1).pdf)

3.43 - La pobreza se reduce en Panamá con nuevo método de medición - La Estrella de Panamá, Economía

<http://laestrella.com.pa/economia/pobreza-reduce-panama-nuevo-metodo-medicion/24009656>

3.44 - La pobreza se reduce en Panamá con nuevo método de medición

<http://laestrella.com.pa/economia/pobreza-reduce-panama-nuevo-metodo-medicion/24009656>

3.45 - Economía - Sectores productivos del Perú

<file:///C:/CATRI/FINANCIACION%20CESCE/Peru-Sectores%20Productivos%20del%20Per%C3%BA.html>

3.46 - Prevén que sector pesca aportará 1% al PBI este año - Perú

<https://peru21.pe/economia/preven-sector-pesca-aportara-1-pbi-ano-62958>

3.47 - Uno de cada diez peruanos vive en la pobreza multidimensional aguda

<https://exitosanoticias.pe/uno-de-cada-diez-peruanos-vive-en-pobreza-multidimensional-aguda/>

3.48 - Informe Económico Comercial - Perú 2016 - ICEX

Elaborado por la Oficina Económico Comercial de España en Lima  
[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DOC2016677945%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DOC2016677945%20(2).pdf)

3.49 - Fondo para la internacionalización de la empresa F.C.P.J. (FIEM) - Líneas Orientativas 2018

<http://www.comercio.es/es-ES/comercio-exterior/instrumentos-apoyo/instrumentos-financieros-apoyo/financiacion-proyectos-fiem/Documents/L%C3%ADneas%20Orientativas%20FIEM%202018.pdf>

3.50 - Ecuador - La Importancia de la Agricultura en nuestro país

<http://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091>

3.51 - La industria pesquera del Ecuador

<http://www.ecuador.com/espanol/blog/la-industria-pesquera-del-ecuador/>



3.52 - Ecuador: El sector ganadero en el país vive una transformación productiva

<http://www.elciudadano.gob.ec/el-sector-ganadero-en-el-pais-vive-una-transformacion-productiva/>

La Ganadería en Ecuador

<http://ganaderiaecuador.blogspot.com/>

3.53 - 5,4 millones de litros de leche se producen al día - El Telégrafo

<https://www.eltelegrafo.com.ec/.../5-4-millones-de-litros-de-leche-se-producen-al-dia>

3.54 - Informe económico y comercial. Ecuador 2015 - Ices

Elaborado por la Oficina Económico Comercial de España en Quito

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/DOC2015497531.pdf>

3.55 - Indicadores de pobreza y desigualdad - Ecuador 2017

[http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2017/Junio/062017\\_Pobreza%20VF.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/POBREZA/2017/Junio/062017_Pobreza%20VF.pdf)

3.56 - Regiones naturales del Ecuador

[https://es.wikipedia.org/wiki/Regiones\\_naturales\\_de\\_Ecuador](https://es.wikipedia.org/wiki/Regiones_naturales_de_Ecuador)

3.57 - La horticultura y la fruticultura en el ecuador - FAO

[www.fao.org/ag/agn/pfl\\_report\\_en/\\_annexes/.../Ecuador/Importancereport.doc](http://www.fao.org/ag/agn/pfl_report_en/_annexes/.../Ecuador/Importancereport.doc)

3.58 - Información sobre ordenación pesquera en Ecuador

<http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/ecu/body.htm>

3.59 - La ganadería de carne en Ecuador - Phd. Kamal Dow

<http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2676/1/iniapscpm26.pdf>

3.60 - La producción lechera en el Ecuador

<https://lahora.com.ec/noticia/1000217677/la-produccion-lechera-en-el-ecuador>

3.61 - Senegal - Wikipedia, la enciclopedia libre

<https://es.wikipedia.org/wiki/Senegal>

3.62 - Senegal - Principales sectores - Agricultura

[http://www.africainfomarket.org/site\\_content/54-mas-informacion-pais/12406-senegal-principales-sectores-agricultura](http://www.africainfomarket.org/site_content/54-mas-informacion-pais/12406-senegal-principales-sectores-agricultura)

3.63 - Chapter 1 - Senegal - FAO

<http://www.fao.org/wairdocs/ilri/x5474e/x5474e06.htm>



---

## **CAPITULO 4 - RED FRIGORÍFICA**

---



## **4.- RED FRIGORÍFICA**

### **4.1- COMPONENTES DE LA RED FRIGORÍFICA Y EFECTOS**

#### **4.1.1 - LA CADENA DE FRÍO**

La cadena de frío es un conjunto de etapas, conocidas como eslabones, en el proceso de refrigeración o congelación de los alimentos perecederos, manteniéndolos a temperatura controlada desde su recolección hasta el consumidor final. Si algún punto de la cadena de frío llegara a fallar, afectaría al resto de ella perjudicando la calidad y seguridad del producto. La carencia de una cadena de frío facilitaría el desarrollo microbiano, tanto de microorganismos como de patógenos y provocaría el deterioro de los alimentos por reacciones enzimáticas. (ref.4.1).

#### **4.1.2. - ESLABONES DE LA CADENA DE FRÍO**

La estructura de la cadena de frío puede verse en el diagrama 4.1, en donde se exponen los distintos sectores productivos y las áreas de cada uno de ellos. Los eslabones de la cadena frigorífica afectada por el frío son el almacenamiento, la logística de distribución y el transporte.

En la etapa de Almacenamiento, las condiciones óptimas para un producto, ya sea para periodos de tiempo cortos o largos, es decir, Almacenes de Producción, de Regulación de Stocks o de Distribución, dependerán de la naturaleza de cada producto, tiempo de almacenamiento, humedad relativa y temperatura de almacenamiento aconsejada, como se muestra en las tablas 4.1 y 4.2 donde se indican las condiciones de almacenamiento de los productos perecederos que se producen en estos dos países. La temperatura para casi todos los productos es ligeramente superior a la temperatura de congelación del producto, con excepción de los frutos tropicales y subtropicales. Una temperatura de almacenamiento incorrecta trae como consecuencia una baja calidad del producto y un tiempo más corto de vida útil del mismo. La importancia de la humedad relativa durante el almacenamiento, depende principalmente del producto y de si está empacado o no. Los productos almacenados en cámaras pierden rápidamente humedad y con frecuencia se produce neblina en las cámaras de refrigeración, cuando la temperatura del producto y la presión de vapor son altas. La velocidad del aire deberá ser alta a fin de extraer el vapor y de esa manera prevenir la condensación de la humedad sobre la superficie del producto. La vida de almacenamiento de las frutas y hortalizas, varía inversamente con la velocidad de respiración y el desprendimiento de calor (ref.4.2). En los países en vías de desarrollo puede ser necesario almacenar diferentes productos en la misma cámara frigorífica. En este caso, ha de procurarse almacenar en una misma cámara frigorífica productos que no tengan incompatibilidades de conservación. Estas incompatibilidades, como se indica en la tabla 4.3 pueden ser debidas a que la temperatura crítica es diferente para los

diversos productos que se han de conservar juntos o a los que tienen el riesgo de transmisión de aroma de un producto a otros.

Para resolver el primer problema se han agrupado, como se muestra en la tabla 4.1, los productos alimenticios mencionados en 3 grupos de temperatura: de 0°C a 4°C la mayoría de los productos de origen animal y los productos de origen vegetal insensibles al frío, de 4°C a 8°C los productos vegetales medianamente sensibles al frío y que podrían ser almacenados a una temperatura superior, con la consiguiente reducción del tiempo de conservación, y temperaturas superiores a 8°C que son productos sensibles al frío y algunas clases de queso, de pasta prensada o cocida. En la tabla 4.2 se muestran las condiciones de almacenamiento para productos congelados.

La etapa de Transporte es un eslabón de gran importancia en la vida del producto, debiendo de mantener las condiciones de limpieza, inocuidad y temperatura que aseguren la calidad del producto y una vida útil considerable. Una vez que el camión llega a los almacenes, éste debe ser descargado lo más rápidamente posible y de la misma forma la carga descargada debe ser ubicada en la cámara de refrigeración correspondiente. El traslado de los productos, desde los centros de producción a los lugares de almacenamiento intermedio y posteriormente su distribución, se debe realizar en vehículos especiales, térmicamente aislados, y con equipos de refrigeración para garantizar poder mantener la temperatura del producto en todo el trayecto hasta los almacenes de distribución o los almacenes aeroportuarios (ref.4.3).

Para la etapa de Distribución se establecería, junto con las autoridades de los dos países, una infraestructura logística en la cual se ubicarían los emplazamientos y capacidades más idóneas de los almacenes, para realizar la distribución de los productos perecederos que llegan de los almacenes de producción para su distribución al comercio minorista o mayorista.

Diagrama 4.1 - RED FRIGORIFICA

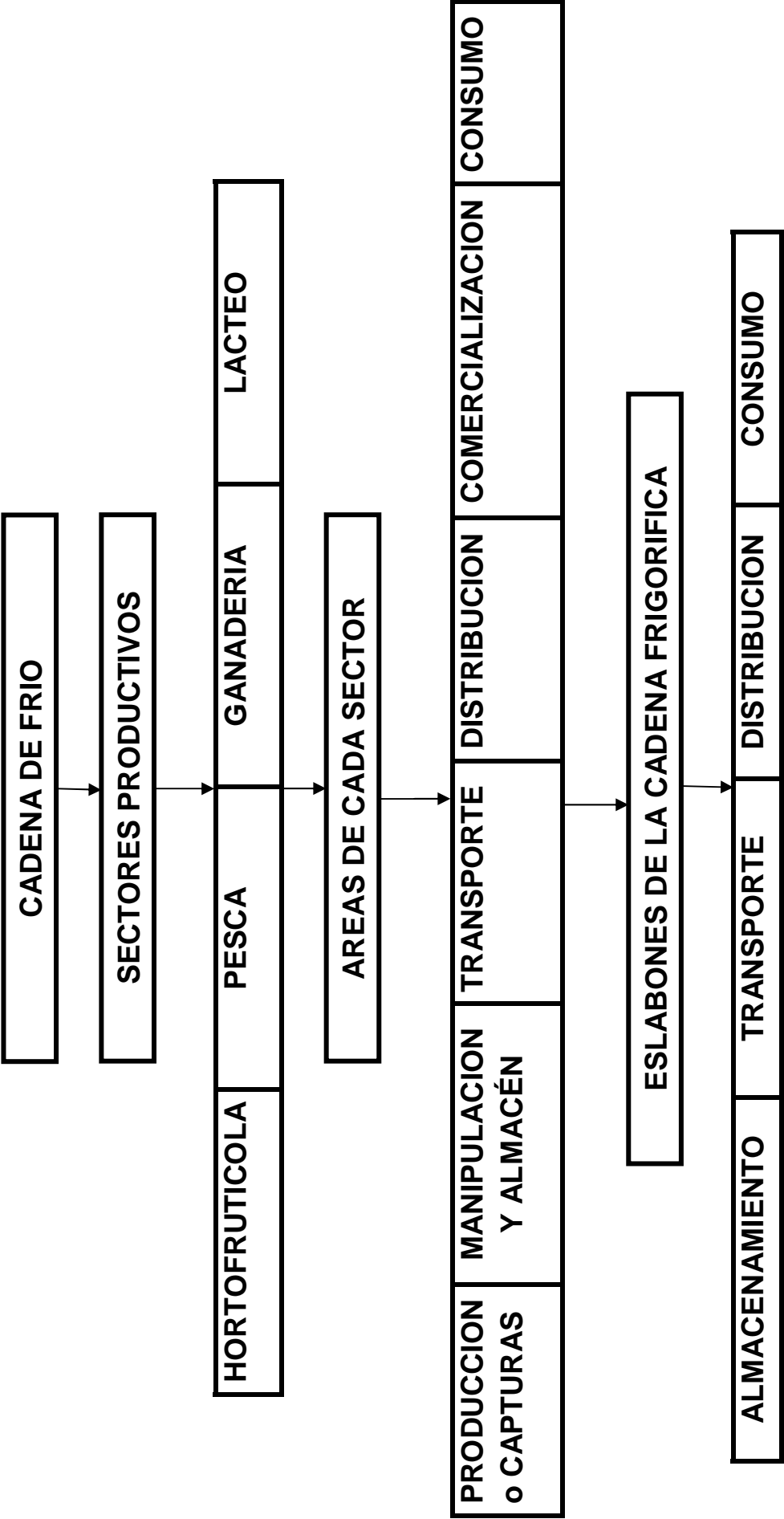


Tabla 4.1- Condiciones de conservación de los productos refrigerados

ENTRE 0°C y 4°C			
FRUTAS	°C	HR%	DPC
Albaricoque	0	90	2-4 s
Cereza	0	90-95	1-2 s
Ciruela	0	90-95	2-4 s
Coco	0	80-90	1-2 m
Dátil (fresco)	0	85	1-2 m
Frambuesa	0	90-95	1-4 d
Fresa	0	90-95	1-5 d
Kiwi	-0,5	90-95	8-14 s
Limón (coloreado)	0 - 4,5	85-90	2-6 m
Manzana	0 - 4	90-95	2-6 m
Melocotón	0	90	2-4 s
Naranja	0 - 4	85-90	3-4 m
Pera	0	90-95	2-5 m
Uva	-1 - 0	90-95	1-4 m
HORTALIZAS	°C	HR%	DPC
Ajo	0	65-70	6-7 m
Alcachofa	0	95	3-4 s
Apio	0	≥ 95	4-12 s
Cebolla(seca)	0	65-70	6-8 m
Champiñón	0	90-95	5-7 d
Col	0	95	1-3 m
Col de Bruselas	0	90-95	3-5 s
Coliflor	0	95	2-3 s
Espárrago	0 - 2	95	2-3 s
Espinaca	0	95	1-2 s
Guisante(con vaina)	0	95	1-3 s
Lechuga	0	95	1-2 s
Maíz dulce	0	95	1 s
Nabo	0	95	4-5 m
Patata (siembra)	2 - 3	90-95	5-8 m
Puerro	0	≥ 95	1-3 m
Rábano	0	90-95	1-2 s
Zanahoria(sin hojas)	0	≥ 95	5-6 m

**Tabla 4.1- Condiciones de conservación de los productos refrigerados**

( continuación ) ENTRE 0°C y 4°C			
<b>AVES</b>	°C	HR%	DPC
Con vísceras	0	60-70	3 s
Sin viseras	-1 - 0	85-95	1-2 s
Carne picada	4	85-95	1 d
Despojos	-1,5 - 0	85-95	7 d
Huevos (con cáscara)	-1- 0	90	6-7 m
Leche(pasteurizada)	4 - 6		7 d
Manteca	0 - 4		2-4 s
Manteca de cerdo	-1 - 0		4-8 m
Nata	-2 - 0		15 d
<b>QUESO</b>	°C	HR%	DPC
Fresco	5		1-2 s
Cremoso	0 - 2	85-90	2 m
Duro	0 - 5	85-90	v.m.
Cheddar	-1 - 1	70-75	12 m
Azul	0 - 5	80-85	3-6 m
Tenera	-1,5 - 0	85-95	3 s
Tocino entreverado	4	85-95	3-5 s
Vaca	-1,5 - 0	85-95	3-5 s
Yogurt	2 - 5		2-3 s
<b>CARNE</b>	°C	HR%	DPC
Vacuno	-1 - 0	88 - 92	1-6 s
Tenera	+1 - 0	85 - 90	5-10 d
Cordero	+1 - 0	85 - 90	5-12 d
Cerdo	+1- 0	85 - 90	3-7 d
<b>PESCADO fresco</b>	°C	HR%	DPC
Graso	0 - 2	75 - 85	2 - 4 d
Magro	0 - 2	75 - 85	2 - 4 d
Planos	0 - 2	75 - 85	2 - 4 d
Moluscos	0 - 2	75 - 85	2 - 4 d
Cefalópodos	0 - 2	75 - 85	2 - 4 d
HR: humedad relativa			
DPC: duración práctica de conservación			
d; días	s: semanas	m: meses	



Tabla 4.1- Condiciones de conservación de los productos refrigerados

( continuación ) ENTRE 4°C y 8°C			
ENTRE 4°C y 8°C			
FRUTAS	°C	HR%	DPC
Mandarina	4 - 6	85 - 90	4 - 6 s
Mangostán	4 - 5,5	85 - 90	6 - 7 s
Sandía	5 - 10	85 - 90	2 - 3 s
HORTALIZAS	°C	HR%	DPC
Judía Verde	7 - 8	92 - 95	1 - 2 s
Patata			
Consumo	4 - 6	90 - 95	4 - 8 m
Industrial	7 - 10	90 - 95	2 - 5 m
≥8°C			
QUESO	°C	HR%	DPC
Holanda	12-15	85	v.m.
Emmenthal	10-12	80	v.m.
Gruyere de Comité	10-12	80-85	v.m.
FRUTAS	°C	HR%	DPC
Aguacate	7-12	85-95	2-4 s
Guayaba	8-10	90	2-3 s
Lima	8,5-10	85-95	3-6 s
Limón verde	10-14	85-95	1-4 m
Mango	7-12	90	3-7 s
Melón	7-10	85-95	1-12 s
Papaya	7-10		1-3 s
Piña			
Verde	10-13	85-95	2-4 s
Madura	7-8	90	2-4 s
Plátanos			
Verde	12-13	85-95	10-20 d
Coloreado	13-16	85-95	5-10 d
Pomelo	10	85-95	2-3 m
HORTALIZAS	°C	HR%	DPC
Batata	13-16	85-95	4-7 m
Berenjena	7-10	09-95	10 d
Calabaza	10-13	50-75	2-5 m
Jengibre	13	65	6 m
Name	16	85-95	3-5 m

Pepinillo	13	90-95	5-8 d
Pepino	9-12	95	1-2 s
Pimiento dulce	7-10	90-95	1-3 s
Tomate verde	12-13	85-90	1-2 s
Tomate maduro	8-10	85-90	1 s
HR: humedad relativa			
DPC: duración práctica de conservación			
d; días			
s: semanas			
m: meses			

Fuente : la tabla 4.1 fue elaborada a partir de "Conditions recommandées pour la conservation des produits périssables à l'état réfrigéré" Instituto Internacional del Frío, París, 1979 y las referencias ref.4.4 y ref.4.5.

Tabla 4.2 - CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS (en meses)

PRODUCTOS	-18°C	-25°C	-30°C
<b><u>FRUTAS</u></b>			
Melocotón, albaricoques, cerezas o guindas edulcoradas	12	18	24
Melocotones edulcorados con ácido ascórbico	18	24	>24
Frambuesas y fresas, sin azúcar	12	18	24
Frambuesas y fresas, con azúcar	18	>24	>24
<b><u>ZUMOS</u></b>			
Concentrados de agrios y otras frutas	24	>24	>24
<b><u>HORTALIZAS</u></b>			
Espárragos	15	24	>24
Judías verdes	15	24	>24
Judías de Lima	18	>24	>24
Brecol	15	24	>24
Coles de Bruselas	15	24	>24
Zanahorias	18	>24	>24
Coliflor	15	24	>24
Maíz (mazorca)	12	18	24
Guisantes	18	>24	>24
Patatas Fritas	24	>24	>24
Espinacas	18	>24	>24
<b><u>CARNE Y PRODUCTOS CARNICOS CRUDOS</u></b>			
Vaca (canales)	12	18	24
Asado y filetes empaquetados	12	18	24
Carne picada empaquetada, (sin salar)	10	>12	>12
Ternera(canales)	9	12	24
Asados y chuletas	9	10-12	12
Cordero (canales)	9	12	24
Asados y chuletas	10	12	24
Cerdo (canales)	6	12	15
Asados y chuletas	6	12	15
Salchichas	6	10	
Tocino (entreverado no ahumado)	2-4	6	12
Manteca de cerdo	9	12	12
Aves (pollo y pavo) sin vísceras y empaquetados	12	24	24
Pollos fritos	6	9	12
Despojos	4		
Pulpa de huevos	12	24	>24
<b><u>PRODUCTOS DEL MAR</u></b>			
Pescados grasos	4	8	12
Pescados magros	8	18	24

Pescados planos	10	24	>24
Bogavantes y cangrejos	6	12	15
Camarones	6	12	12
Camarones empaquetados al vacío	12	15	18
Almejas, Ostras	4	10	12
<b>PRODUCTOS LÁCTEOS</b>			
Manteca (de nata pasteurizada y en su punto)	8	12	15
Nata helada	6	12	18
<b>PRODUCTOS DE PANADERÍA Y PASTELERÍA</b>			
Pasteles (de queso, chocolate, frutas etc)	12	24	24

Fuente : la tabla 4.2 fue elaborada a partir de "Conditions recommandées pour la conservation des produits périssables à l'état réfrigéré" Instituto Internacional del Frío, París, 1979 y la referencia 4.6

**Tabla 4.3 - Incompatibilidades de Almacenamiento de Productos Perecederos**

	Bovino congelado	Bovino refrigerado	cerdo	ciruelas	col	cordero	hortalizas	huevos	Langosta	mantequilla	manzanas	melocoton	naranjas	patatas	Pescado congelado	plátanos	queso	tocino	uvas
Bovino congelado	-	O	O	O	N	O	O	O	LR	O	R	O	N	R	O	O	LR	O	O
Bovino refrigerado	O	-	O	O	N	O	O	O	LR	O	R	O	N	LR	O	O	LR	LR	O
Cerdo	O	O	-	O	N	O	O	O	LR	O	N	O	N	LR	O	O	LR	O	O
Ciruelas	O	O	O	-	LR	O	O	LR	LR	O	O	O	O	O	O	N	LR	O	O
Col	N	N	N	LR	-	N	LR	N	N	N	LR	LR	N	LR	N	N	N	N	LR
Cordero	O	O	O	O	N	-	O	O	LR	O	N	O	N	LR	O	O	LR	O	O
Hortalizas	O	O	O	O	LR	O	-	LR	O	LR	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Huevos	O	O	O	LR	N	O	LR		LR	O	N	LR	N	N	LR	O	N	O	O
Langosta	LR	LR	LR	LR	N	LR	O	LR	-	R	N	LR	N	N	O	O	N	LR	O
Mantequilla	O	O	O	O	N	O	LR	O	R	-	N	LR	N	N	O	O	LR	LR	O
Manzanas	R	R	N	O	LR	N	O	N	N	N	-	O	O	LR	LR	N	N	N	O
Melocotones	O	O	O	O	LR	O	O	LR	LR	LR	O	-	O	O	O	N	LR	O	O
Naranjas	N	N	N	O	N	N	O	N	N	N	O	O	-	O	N	N	N	N	O
Patatas	LR	LR	LR	O	LR	LR	O	N	N	N	LR	O	O	-	LR	N	LR	O	O
Pescado congelado	O	O	O	O	N	O	O	LR	O	O	LR	O	N	LR	-	O	N	O	O
Plátanos	O	O	O	N	N	O	O	O	O	O	N	N	N	N	O	-	O	O	O
Queso	LR	LR	LR	LR	N	LR	O	N	N	LR	N	LR	N	LR	N	O	-	O	LR
Tocino	O	LR	O	O	N	O	O	O	LR	LR	N	O	N	O	O	O	O	-	O
Uvas	O	O	O	O	LR	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	LR	O	-

Fuente: la tabla 4.3 fue elaborada a partir del manual del frío de la empresa Ramón Vizcaíno Internacional S.A.

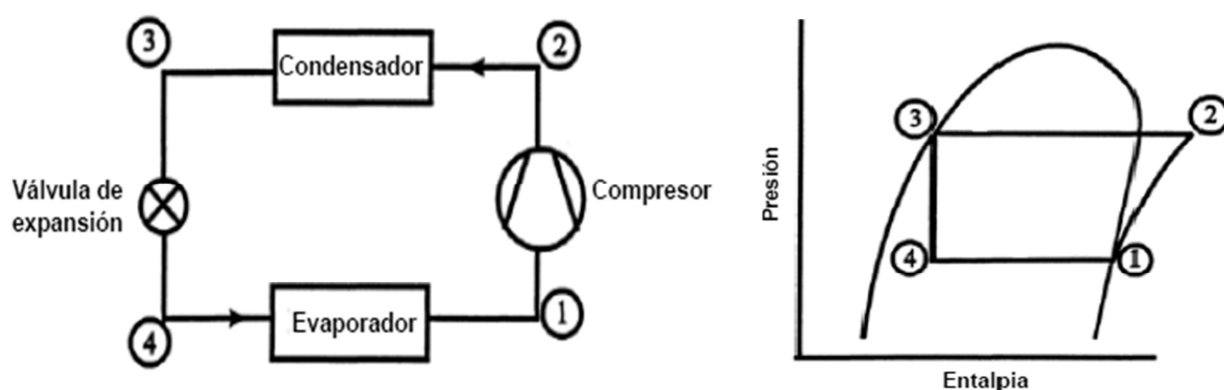
## 4.2.- COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA Y SELECCIÓN DE LOS MISMOS

En este trabajo se han utilizado tres instalaciones industriales frigoríficas en funcionamiento para el estudio de su optimización energética, con circuitos y fluidos frigoríficos distintos. La instalación 1 es un circuito de compresión simple de freón R-407F con dos niveles de temperatura, la instalación 2 es un circuito de compresión simple de  $\text{NH}_3$  con economizador y dos niveles de temperatura y la instalación 3 es un circuito de compresión en cascada de  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$  con varios niveles de temperatura positiva y negativa

El motivo de elegir estas tres instalaciones se debe a sus diferencias en los circuitos utilizados, fluidos y volúmenes frigoríficos, ya que la instalación 1 es de  $2.552 \text{ m}^3$ , la instalación 2 de  $9.300 \text{ m}^3$  y la instalación 3 de  $14.370 \text{ m}^3$ . Estas diferencias en volúmenes frigoríficos, circuitos y refrigerantes serán aplicables, tanto a Ecuador como a Senegal, como consecuencia de que el propósito es establecer una infraestructura frigorífica en donde habrá frigoríficos en zonas de producción, que son de pequeños volúmenes como el de freón, frigoríficos de larga duración y de distribución, que dependiendo de la ubicación y la función de cada uno de ellos serán de volúmenes medios, como el de  $\text{NH}_3$  o de grandes volúmenes como el de cascada  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$  con túneles de congelación, cámaras positivas, negativas y climatización de las zonas de trabajo.

Todos estos sistemas de refrigeración industrial operan bajo el principio del ciclo de compresión de vapor, el cual se muestra esquemáticamente en un diagrama P-h (presión-entalpía) en la figura 4.1 y constan de los equipos siguientes: compresor, condensador, válvula de expansión termostática (isoentálpica) y evaporador; estos componentes interactúan con un fluido de trabajo que es el refrigerante, con el fin de extraer calor de una zona de baja temperatura ( en condiciones de refrigeración o de congelación) y transportarlo a una zona de alta temperatura que corresponde al condensador.

**Figura 4.1 - Esquema frigorífico de compresión simple de vapor**



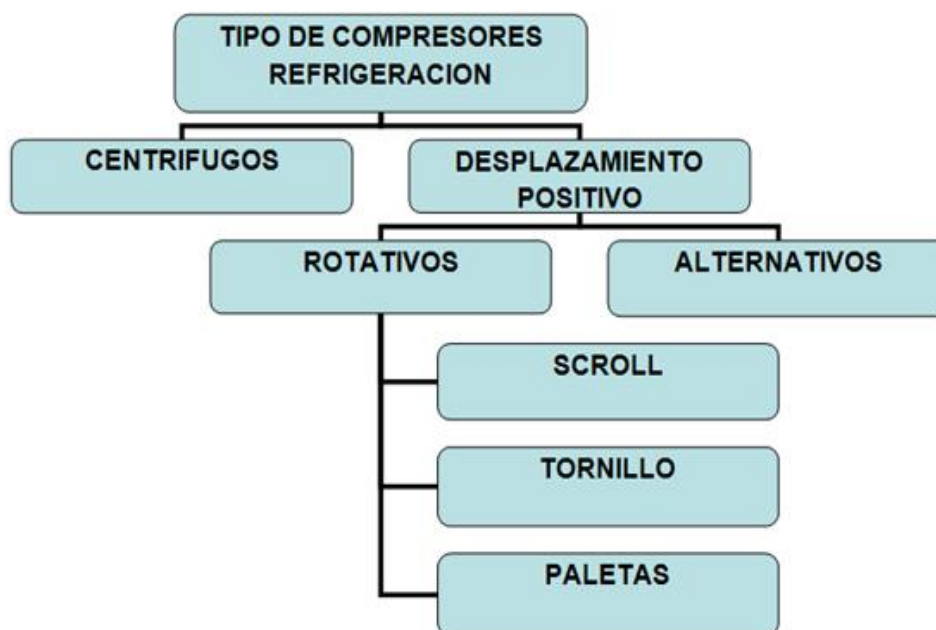
El funcionamiento del ciclo se inicia con una compresión del refrigerante en el punto 1 de la figura 4.1, siguiendo la curva isoentrópica hasta llegar a la presión del condensador en el punto 2. El refrigerante posteriormente entra en el condensador como vapor sobrecalentado y sale como líquido saturado en el punto 3. El refrigerante en este punto se expande isoentálpicamente, a través de una válvula de expansión termostática, hasta la presión del evaporador. La temperatura del refrigerante en este punto debe estar por debajo de la temperatura de la cámara a refrigerar. Finalmente el refrigerante ingresa al evaporador en el punto 4, a la presión de saturación de evaporación, como una mezcla líquido-vapor de baja calidad en vapor, y se evapora completamente absorbiendo calor del espacio refrigerado (cámara frigorífica). El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, completando el ciclo.

#### **4.2.1. ELECCIÓN DE COMPRESORES**

Los compresores son los dispositivos encargados de hacer pasar el fluido refrigerante desde la presión de evaporación, correspondiente a las condiciones del foco frío, a la presión de condensación del foco caliente, por lo que hay que hacer un aporte exterior de trabajo. En el sector industrial se trabaja con dos tipos de compresores, los "volumétricos o de desplazamiento positivo" que aumentan la presión introduciendo un determinado volumen de vapor en un espacio cerrado, que posteriormente se reduce mediante la acción mecánica, siendo los más utilizados en todos los campos de climatización y refrigeración y "los aerodinámicos o centrífugos" que aumentan la presión transmitiendo energía cinética al flujo constante de vapor y convirtiendo esta energía en presión. Estos tienen la capacidad de desplazar grandes volúmenes, pero no pueden usarse en caso de elevadas relaciones de compresión. Estos compresores se usan en grandes instalaciones de aire acondicionado, por lo que no se tendrán en consideración (ref.4.7).

Para la correcta selección de un compresor se deben de analizar una serie de condiciones como fiabilidad mecánica y durabilidad, bajo consumo energético, relación de compresión máxima, temperatura máxima de salida del compresor, bajo mantenimiento y precio.

En la figura 4.2 se muestran los distintos tipos de compresores

**Figura 4.2 -Tipo de compresores**

Analizando los compresores de desplazamiento positivo, los compresores de "paletas" son utilizados en aire acondicionado residencial por lo que la capacidad frigorífica es muy limitada; los de tipo "scroll" se utilizan fundamentalmente en aire acondicionado tanto residencial como comercial y bastante poco en refrigeración industrial, pues por capacidad llegan al límite inferior de los de tornillo y en cuanto a fiabilidad hay gran diferencia a favor de los últimos. Es decir, los más utilizados en la refrigeración industrial, con gran diferencia, son "los de tornillo" y "los alternativos". Estos dos tipos son los utilizados en las tres instalaciones estudiadas.

La potencia frigorífica a la que funcionan estos dos tipos de compresores, considerando la marca Bitzer que es la utilizada en este trabajo, puede variar entre 50 kw y 900 kw para los de tornillo y entre 5 kw y 150 kw para los alternativos, dependiendo del fluido frigorífico de que se trate, de las condiciones de evaporación y condensación, así como si hay variador o no de velocidad. El rango de utilización de los compresores a tornillo varía entre 200 y 10.000 m<sup>3</sup>/h, mientras que los alternativos pueden alcanzar los 2.000 m<sup>3</sup>/h (ref.4.7).

El campo de aplicación de los compresores alternativos está limitado por la temperatura de salida de la compresión que no puede sobrepasar los 130-140°C, esto implica que si se emplea NH<sub>3</sub> no se podría sobrepasar una relación de compresión de 8, con lo que los rendimientos volumétricos serían muy bajos. En el compresor a tornillo se puede llegar a relaciones de compresión elevadas de 1:20, sin tener temperaturas de descarga excesivas, aunque estas relaciones de compresión disminuyen el rendimiento considerablemente, esto en los compresores a tornillo se evita utilizando un sistema con economizador, de forma que el compresor sobre el cárter tendrá un orificio de acceso adicional, que desemboca entre los rotores después de una



primera compresión, en donde se inyecta el gas frío que procede del economizador y que se produce mediante la expansión isoentálpica del líquido que viene del condensador. De esta forma se enfría el gas de descarga del compresor (ref.4.7;4.8).

El compresor a tornillo es el más empleado en refrigeración industrial, permite una relación de compresión muy alta, como se ha dicho de 1:20, temperaturas de salida más bajas a igualdad de condiciones, aunque permite temperaturas más altas a la salida, menor mantenimiento cada 25.000 horas de media, menos partes móviles y por tanto susceptibles de problemas. En contrapartida está el precio y la mano de obra especializada para el mantenimiento.

El compresor alternativo tiene un precio menor y el mantenimiento es más frecuente y sencillo pudiendo ser realizado por mecánicos menos cualificados. En contrapartida tiene como inconvenientes la regulación de capacidad por etapas, con mantenimiento cada 10.000 horas y la temperatura de descarga más alta en igualdad de condiciones, lo que implica mayor consumo de aceite, necesiéndose para una separación similar de aceite a la de los de tornillo un sistema más sofisticado (ref.4.8;4.9).

Una vez elegidos los compresores de tornillo más apropiados para instalaciones de medias a grandes, y los alternativos más utilizados en pequeñas instalaciones, hay una cierta relación entre los compresores empleados en estas instalaciones con los refrigerantes utilizados.

En la Instalación 1 dado que hay un volumen frigorífico pequeño el compresor alternativo es el utilizado. No habría posibilidad de emplear un compresor alternativo con  $\text{NH}_3$ , en la Instalación 1, en un ciclo simple sin economizador, ya que comprimiendo desde  $-28^\circ\text{C}$  (temperatura de evaporación indicada en tabla 5.1 y presión 1,28 bars) hasta la presión de condensación a  $+45^\circ\text{C}$  (presión de saturación 17,82 bars), siguiendo la isoentrópica, se alcanzaría unos  $168^\circ\text{C}$  como temperatura de descarga del compresor utilizando un diagrama de Mollier P-h (presión-entalpía), lo que sobrepasa los  $140^\circ\text{C}$  como temperatura límite, ya mencionado en estos compresores y la relación de compresión sería 13,92. En el caso del freón R-407F, igualmente utilizando un diagrama de Mollier P-h, se llegaría a unos  $58^\circ\text{C}$ . Por lo que éste es el fluido frigorífero utilizado en la instalación 1 con un compresor alternativo.

En la Instalación 2, donde el volumen frigorífico es medio-grande se utilizará un compresor de tornillo. La compresión sin economizador utilizando  $\text{NH}_3$ , por la magnitud de volumen frigorífico, se comprimiría desde la presión de vapor saturado a  $-30^\circ\text{C}$  (temperatura de evaporación indicada en tabla 5.4 y 1,195 bars) hasta la presión de condensación a  $+35^\circ\text{C}$  (presión de saturación 13,5 bars), siendo la temperatura de descarga del compresor unos  $145^\circ\text{C}$  y una relación de compresión de 1:11, utilizando el diagrama de Mollier P-h. Si se utilizara un economizador, la temperatura de éste, recomendada por el fabricante Bitzer, es  $-16^\circ\text{C}$  y el vapor formado se mezclaría con el gas comprimido en una primera parte del compresor

resultando una temperatura de descarga de unos 115°C, aumentado el COP (rendimiento) respecto al caso sin economizador.

En la Instalación 3, el volumen frigorífico es considerado como grande existiendo dos túneles de congelación, una cámara de congelados, cuatro cámaras positivas y doce salas de trabajo de temperatura alta. Dado que habría que emplear una temperatura de evaporación de -40°C en los túneles, esto obligaría a utilizar unas presiones en el caso de NH<sub>3</sub> como refrigerante por debajo de la atmosférica y en el caso de los HFC también o muy próximos a la presión atmosférica, con el problema que puede ocasionar pues pueden solidificar, algo que no ocurre con el CO<sub>2</sub> que trabajaría a 10,2 bar. Mientras que, a alta temperatura el NH<sub>3</sub> sería el refrigerante idóneo para la condensación. Por estos motivos se escogería el sistema es cascada NH<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub>. Bajo estas circunstancias en el caso de alta se utilizará NH<sub>3</sub> y compresores de tornillo. En el caso de baja se utilizará CO<sub>2</sub> y compresores alternativos, pues tiene el calor latente más alto que cualquiera de los HFC al igual que su densidad, lo que hace que aumente la capacidad volumétrica del refrigerante y consecuentemente que los compresores sean pequeños.

Como norma general a la descarga de los compresores hay que tener en cuenta que si la temperatura es alta, dependiendo de los fabricantes de los aceites, éstos se degradan y pierden las propiedades de lubricación que junto con las tensiones térmicas, además de producir una disminución del rendimiento volumétrico, provocaría una disminución de fluido a través del compresor y por ello una disminución de la potencia frigorífica.

Una descripción de los elementos que componen los compresores de tornillo y alternativos y su funcionamiento pueden verse en el Anexo 10.1.

#### **4.2.2. ELECCIÓN DE CONDENSADORES**

El condensador, dentro del circuito frigorífico, es el elemento encargado de disipar la potencia calorífica absorbida en el evaporador, la potencia de compresión del compresor y la potencia para enfriar el aceite lubricante. El condensador recibe el vapor del refrigerante recalentado procedente del compresor y lo descarga como liquido subenfriado.

Los condensadores según la forma de disipar el calor y el medio utilizado pueden ser condensadores enfriados por agua, condensadores enfriados por aire y condensadores evaporativos.

"Los condensadores enfriados por agua" o torres de refrigeración se utilizan en grandes instalaciones industriales, aunque el consumo de agua es muy grande. "Los condensadores por aire", aunque este medio es gratuito, implican que la temperatura de condensación es como mínimo 8 °C más alta que la temperatura de salida del aire en el condensador. De esta manera se consigue mantener un LMTD (diferencia de temperatura media logarítmica) apropiado en el condensador, ya que la temperatura de salida del aire del mismo suele ser de unos 7°C más alta que la

temperatura del aire a la entrada. Esto significaría que se condensa a una temperatura de 15°C más alta que la temperatura de bulbo seco de entrada de aire en el condensador, que es la que se toma para diseño, con lo cual se tendría que condensar a una temperatura demasiado alta.

La elección recae sobre "el condensador evaporativo" para las tres plantas, pues su consumo de agua es 1/20 veces menos que un condensador enfriado por agua y para su diseño se utiliza, como temperatura de salida del refrigerante del condensador, la temperatura de bulbo húmedo del aire más 10°C, condensando así siempre a una temperatura más baja comparada con la temperatura de salida del condensador con aire (ref.4.7). Una descripción de los elementos que componen el condensador evaporativo y su funcionamiento puede verse en el Anexo 10.2.

#### **4.2.3. ELECCIÓN DE EVAPORADORES**

El evaporador es un cambiador de calor en el que el refrigerante que circula por el interior de los tubos absorbe la energía térmica del medio a enfriar (cámara frigorífica) y como consecuencia se produce el cambio de estado del refrigerante, pasando de líquido a vapor para absorber el calor del medio a enfriar. Este cambio de estado elimina el calor sensible del espacio a refrigerar y la humedad que fuera necesaria como calor latente. Es conveniente que la temperatura de salida del evaporador sea vapor sobrecalentado (5°C) con el fin de asegurar que al compresor le entra vapor, ya que al ser saturado podría entrar con algunas gotas de líquido que lo dañarían.

Hay tres tipos de evaporadores utilizados en la refrigeración industrial para su aplicación en las cámaras frigoríficas: "expansión seca o termostática directa (DX), inundados o sobrealimentados". En este último la cantidad de refrigerante líquido en circulación a través del evaporador está en exceso, de forma que dependiendo del refrigerante puede variar entre 2 y 6 veces el necesario. Se utiliza en grandes instalaciones donde hay evaporadores múltiples en paralelo, por lo cual queda excluido de las tres instalaciones estudiadas.

Hay una cierta relación entre la miscibilidad del refrigerante y el aceite lubricante para la selección del evaporador de expansión seca y el inundado. El NH<sub>3</sub> es inmiscible con el aceite mientras que los freones HFC (hidrofluorocarbonos) y el CO<sub>2</sub> son miscibles.

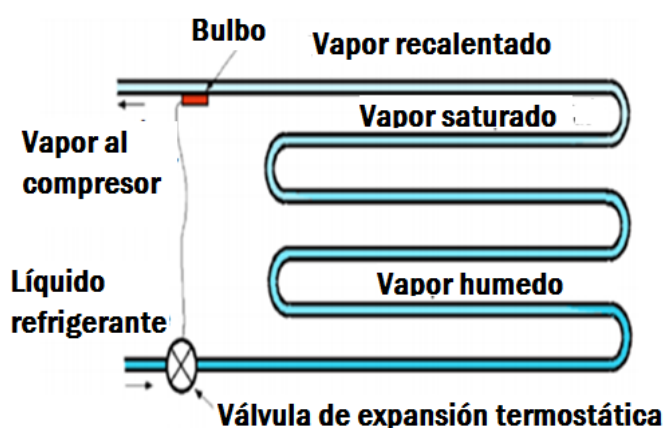
La alimentación del refrigerante a los "evaporadores de expansión seca" se realiza a través de una válvula de expansión termostática, de forma que se evapora totalmente a lo largo del evaporador y sale ligeramente sobrecalentado. Este líquido de alimentación va variando según demanda de la carga térmica. La ventaja de este tipo de evaporador es la facilidad que tiene de arrastrar el aceite que le llega junto con el refrigerante, siendo ambos miscibles, hacia la aspiración del compresor de nuevo (ref.4.10). Por este motivo este tipo de "evaporador de expansión seca" es

muy apropiado para los freones HFC y el  $\text{CO}_2$ , el cual se muestra en la figura 4.3a. Este tipo de evaporador es el que ha sido utilizado en la instalación 1 con el R-407F (freón) y en la instalación 3 para los evaporadores de  $\text{CO}_2$ .

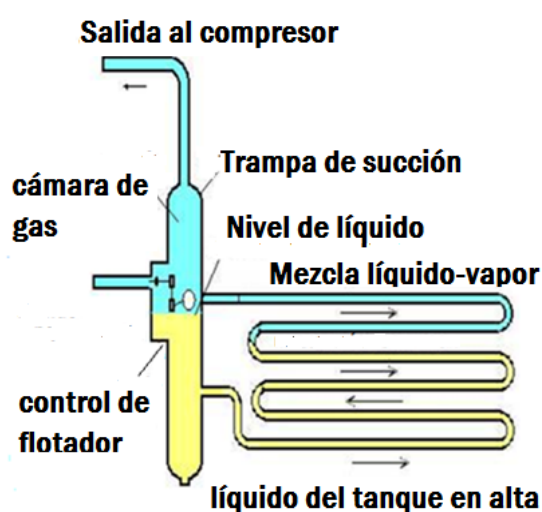
La alimentación del refrigerante a los "evaporadores inundados" se regula mediante una válvula de flotador, de manera que su interior esté siempre totalmente lleno de refrigerante líquido. Esta válvula mantiene constante el nivel de líquido en el evaporador, el cual se evapora, como consecuencia del foco caliente procedente del exterior (cámara frigorífica), y asciende por los tubos del evaporador hasta llegar al depósito separador de líquido y vapor, devolviendo el líquido al evaporador y el vapor junto con el vapor producido en la laminación del líquido proveniente del condensador a la aspiración del compresor. Debido a la constitución de este evaporador el aceite de lubricación que llega a él tiene gran dificultad en salir debido a la baja velocidad del refrigerante, aún en el caso de tratarse de refrigerantes miscibles con el aceite. Para evitar este problema se instala un separador de aceite-refrigerante en la línea de descarga entre el compresor y el condensador. Dado que el  $\text{NH}_3$  no es miscible con el aceite y aprovechando las diferencias de densidad por decantación se separan en el recipiente (ref.4.10). Por lo tanto en el caso del  $\text{NH}_3$  se utilizará un "evaporador inundado" con bomba de recirculación, que se muestra en la figura 4.3b. Este tipo de evaporador es el que ha sido utilizado en la instalación 2 con los evaporadores de  $\text{NH}_3$ .

Una descripción suplementaria del funcionamiento de los evaporadores seleccionados puede verse en el Anexo 10.3

**Figura 4.3a - Evaporador por expansión seca**



**Figura 4.3b - Evaporador inundado**



#### 4.2.4.- DESESCARCHE DE EVAPORADORES

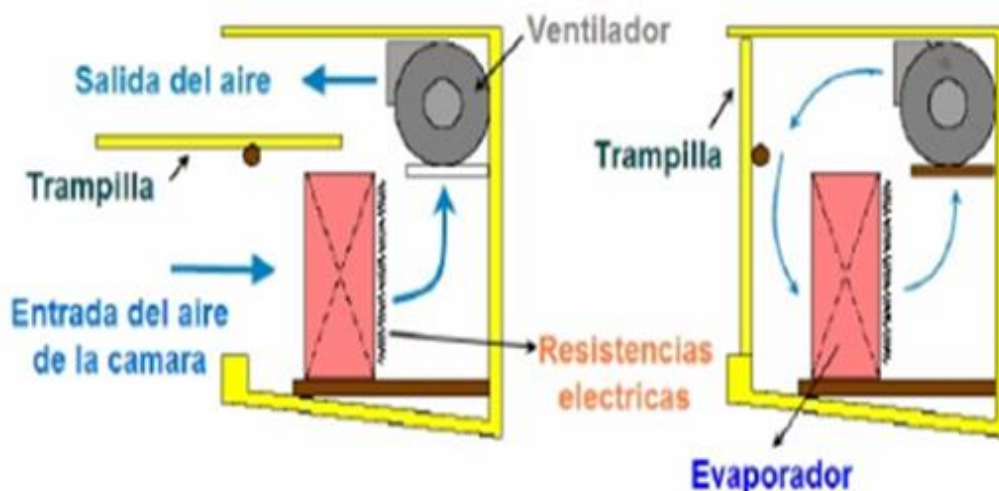
En las tres instalaciones frigoríficas industriales estudiadas existen evaporadores en los cuales se produce una escarcha que comienza por tubos y aletas, que en las cámaras de temperatura positiva origina multitud de cristales los cuales aumentan la superficie de intercambio, mejorando la transmisión de calor, pero a medida que aumenta el volumen de escarcha acumulada disminuye el aire a través de las aletas y la transmisión empeora cada vez más. Esto se agrava en cámaras de temperatura negativa pues directamente se forma hielo que actúa como aislante reduciendo la sección entre aletas y por tanto la transmisión térmica.

En el momento que la superficie del evaporador esté por debajo de la temperatura de rocío del aire de la cámara, se van a producir condensaciones de agua como consecuencia del comportamiento psicrométrico de aire húmedo. Si además, el evaporador está por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$ , el agua condensada se congela, formando, dependiendo de las condiciones internas y externas del evaporador, escarcha, nieve o hielo. La humedad interior existente en la cámara se debe principalmente a las infiltraciones de aire exterior, causadas por la apertura de la puerta además de la humedad que traiga el propio producto que se está almacenando.

El desescarche es el proceso de eliminación del hielo en el evaporador, que se realiza mediante el aporte de calor para lograr la fusión del mismo. Este proceso se puede realizar por distintos métodos: desescarche por pulverización de agua sobre el evaporador o mediante aire, siendo ambos bastante antiguos y no aplicados en este trabajo; desescarche por inversión de ciclo de forma que el condensador pase a ser evaporador y el evaporador pase a ser condensador mediante un complicado sistema de válvulas que hace que la inversión aumente significativamente, por lo cual fue deshechado; desescarche por resistencias eléctricas y desescarche por gas caliente, siendo ambos métodos los utilizados en las tres instalaciones(ref.4.7)

##### Desescarche por resistencia eléctrica

El desescarche mediante resistencias eléctricas es utilizado por su simplicidad y eficacia, sobre todo en sistemas pequeños de refrigeración. Consiste en colocar varios conductores, que se comportan como resistencias eléctricas, sobre los tubos, pasando entre las aletas del evaporador, como se puede ver en la figura 4.4.



En las resistencias eléctricas al conectarlas a la red, la energía eléctrica se transforma en calor y es el causante de que el hielo se funda, depositándose el líquido resultante sobre la bandeja de drenaje. Es un sistema de menor inversión inicial pero de un alto costo energético que durante el desescarche puede representar entre un 5-10% del consumo total de la instalación frigorífica.

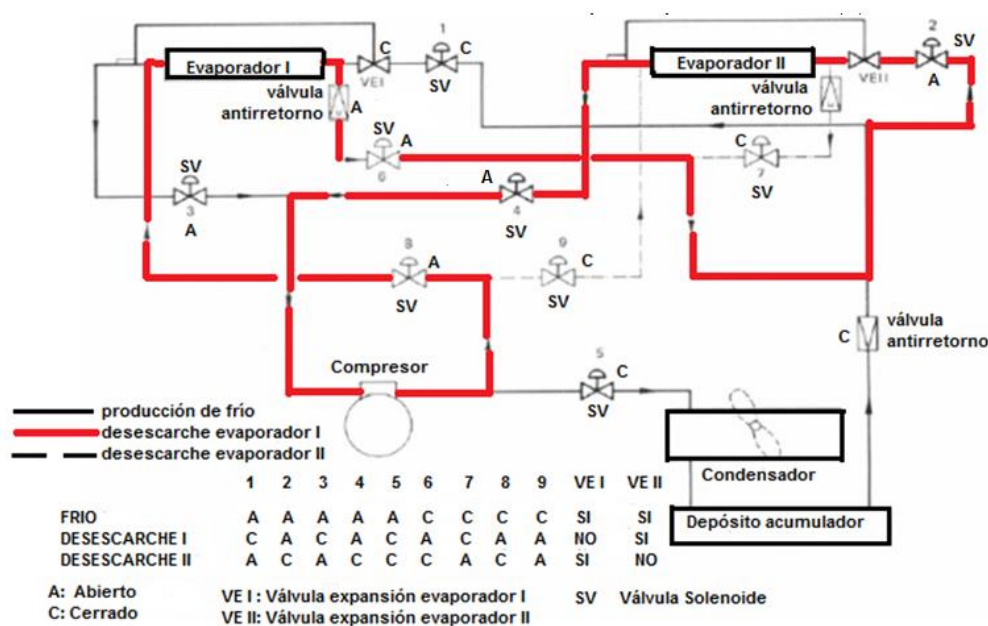
### Desescarche por gas caliente

Los sistemas de desescarche por gas caliente han alcanzado un gran nivel de aplicación en las instalaciones de refrigeración, como consecuencia del ahorro energético. El principio básico del funcionamiento de estos sistemas es la desviación del refrigerante, a alta temperatura del gas de descarga, del compresor al evaporador en el que se quiere realizar el desescarche, a través de una tubería que une la descarga del compresor con la entrada al evaporador, después de la válvula de expansión.

En la figura 4.5 se muestra el sistema utilizado para un desescarche por gas caliente. El sistema comienza por desescarchar el evaporador 1, lo cual se realiza haciendo pasar el refrigerante que sale del compresor por la válvula solenoide 8 (la 5 y 9 están cerradas) entrando al evaporador de donde sale a través de la válvula antirretorno y la solenoide 6 (la solenoide 1 está cerrada). Luego se encuentra cerrada la solenoide 7 y el antirretorno, colocado a la salida del recipiente de líquido, que le obliga a entrar al evaporador 2 mediante la solenoide 2 de donde sale y llega a la aspiración del compresor a través de la solenoide 4 (la 3 está cerrada).

En este tipo de circuitos el número de evaporadores en proceso de desescarche no debe superar nunca el 20 o 30 % como máximo de los evaporadores de la instalación (ref.4.11).

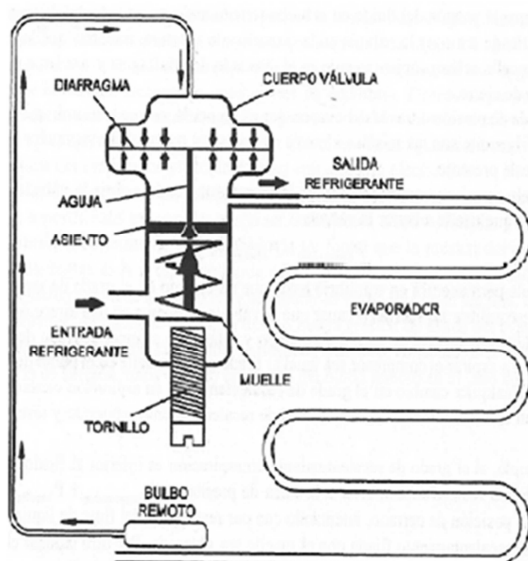
**Figura 4.5 - Desescarche por gas caliente**

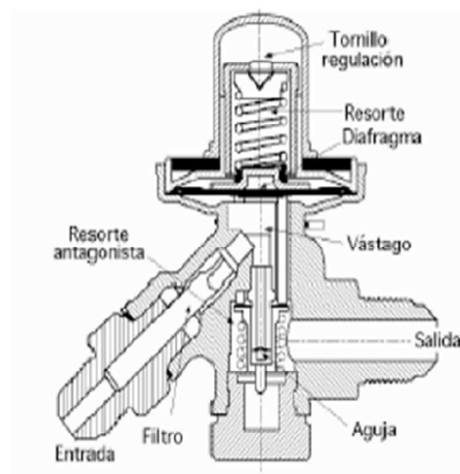
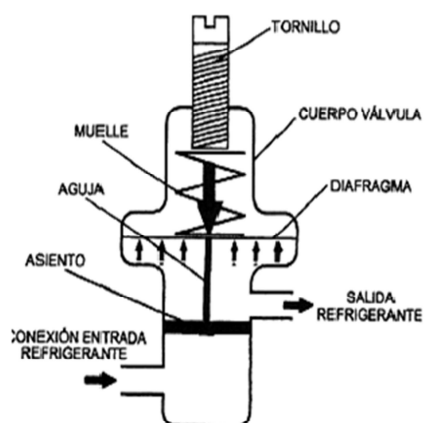


#### 4.2.5. VÁLVULAS DE CONTROL DE LOS CIRCUITOS FRIGORÍFICOS

En los tres circuitos, correspondientes a las tres instalaciones, han sido utilizadas para control válvulas de expansión (isoentálpica) termostática y válvulas de expansión presostática. Las válvulas de expansión termostática (VET), que se muestran en la figura 4.6, tienen como misión reducir la temperatura y presión isoentálpicamente y controlar la carga al evaporador según demanda la carga térmica del mismo, regulando la cantidad de refrigerante líquido que se va evaporando a lo largo del evaporador, manteniendo un recalentamiento predeterminado a la salida del mismo que es la línea de succión al compresor, lo que asegura que todo el refrigerante es gas a la salida del evaporador. Estas válvulas en el estudio de la optimización energética fueron sustituidas por válvulas de expansión electrónica (VEE), que realizan la misma función que las VET pero el motor que mueve el eje de la válvula se realiza por un accionamiento electrónico, que incorpora analizadores y controladores electrónicos que transforman las señales recibidas de presión y temperatura en ordenes de apertura y cierre en las válvulas electrónicas, con lo cual la inmediata respuesta incrementa la eficiencia del sistema lo que implica un ahorro de energía (ref.4.12). La válvula de expansión presostática (VEP), que se muestra en la figura 4.7, mantiene la presión constante en el evaporador y basa su control en inundar más o menos la superficie del mismo, regulando el flujo del fluido del refrigerante para conseguir dicha constancia. Este tipo de válvula es muy útil cuando hay varios evaporadores en paralelo, cuyos flujos descargan en una misma corriente que va a la aspiración del compresor, teniendo uno de ellos presión más alta que los otros. La presión se iguala mediante una VEP en la descarga del de mayor presión.

**Figura 4.6 - Válvula de expansión termostática**



**Figura 4.7 - Válvula de expansión presostática**

#### 4.2.6.- SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DEL ACEITE DE LUBRICACIÓN

Como cualquier elemento mecánico los compresores de un circuito frigorífico necesitan aceite para lubricar sus partes móviles, haciendo de almohadilla entre las superficies en movimiento para reducir la fricción. En los compresores de desplazamiento positivo, el aceite actúa además, de cierre entre el sector de alta y el de baja, ya sea en la camisa de los cilindros o entre las partes móviles del tornillo.

Mecánicamente una parte de este lubricante sale con el gas de descarga, abandonando el compresor hacia el circuito. Las condiciones de diseño de la instalación deben de permitir que el lubricante vuelva al circuito, bien sea retornando por aspiración, gracias a la miscibilidad con el refrigerante de que se trate, como en el caso del freón en los evaporadores de expansión directa, o por un sistema de recuperación adecuada en los evaporadores inundados, caso de los refrigerante inmiscibles con el lubricante como el  $\text{NH}_3$ .

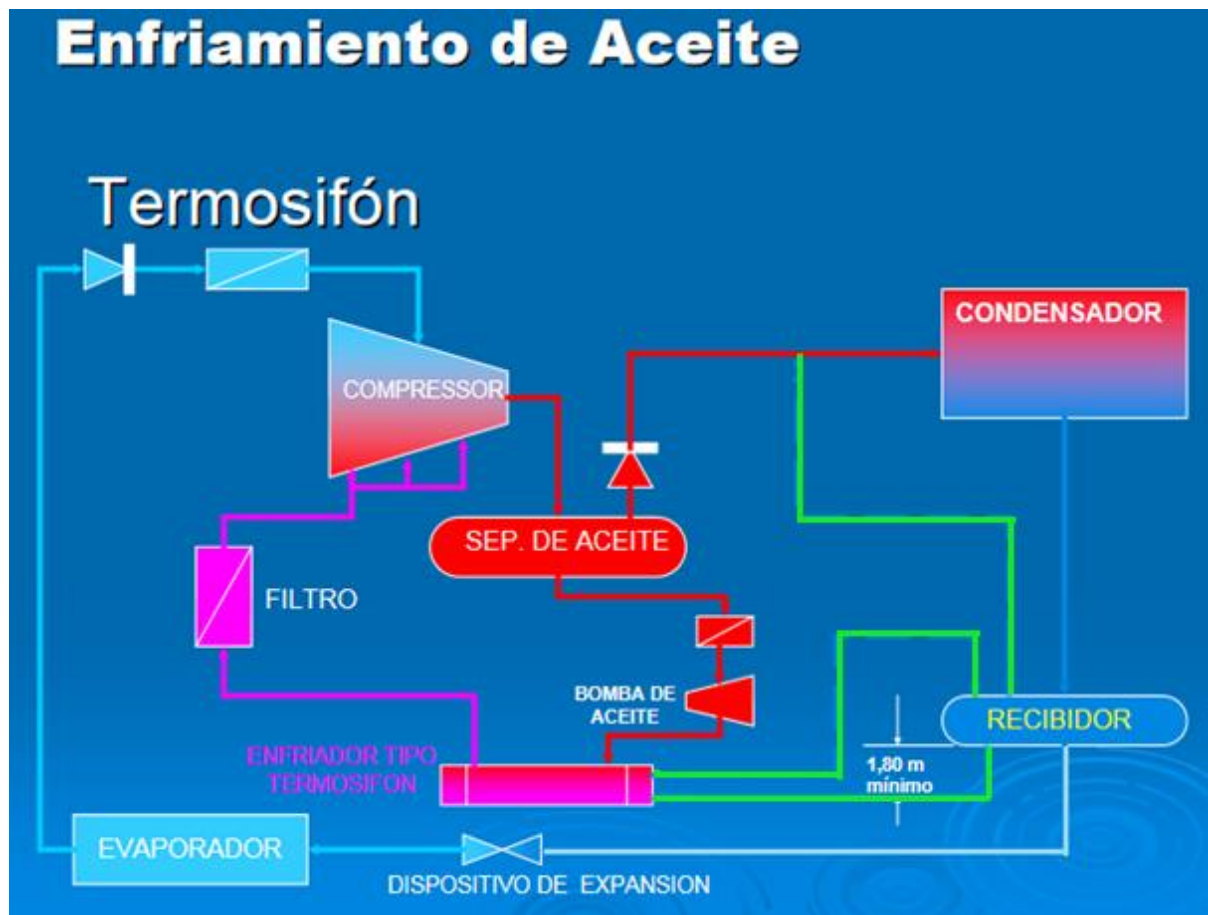
Con el propósito de garantizar una operación fiable y eficiente del compresor, se debe controlar la temperatura y presión del aceite. La necesidad de refrigerar el aceite, viene dada por que en general el aceite está preparado para trabajar a bajas temperaturas y en caso de un sobrecalentamiento en la lumbrera de escape, podría degradarse. Por otro lado, esta refrigeración del aceite ayuda a la disipación del calor de compresión. La viscosidad del lubricante empleado es un factor fundamental para el buen funcionamiento del compresor. Debe tenerse en cuenta la disminución de viscosidad que se produce cuando el refrigerante se mezcla con el lubricante. En cuanto a la *presión de aceite*, la diferencia de presión de aceite se debe mantener por encima del nivel mínimo aceptable.

Existen varios tipos de sistemas de enfriamiento de aceite utilizados en la refrigeración industrial mediante aire, agua, inyección de refrigerante líquido en un punto intermedio del compresor y por efecto termosifón. Este último sistema es el más utilizado y es el empleado en las instalaciones 1,2 y 3.



El sistema de enfriamiento de aceite por efecto termosifón, representado en la figura 4.8, consigue que el aceite se enfríe en el interior del sistema, para lo cual es necesario aumentar la superficie del condensador del circuito de refrigeración, considerando la cantidad de calor extraído del aceite. Actúa tomando una parte del refrigerante del recipiente receptor, que le llega del condensador, la cual en un intercambiador de carcasa y tubos enfría el aceite del separador, colocado a la salida del compresor. En dicho recipiente-separador se separa el aceite del refrigerante, de forma que el refrigerante va a la entrada del condensador y el aceite, después de pasar por un filtro, es bombeado al intercambiador enfriador, tipo termosifón, donde una vez enfriado, después de pasar por otro filtro, entra de nuevo al compresor. La parte de refrigerante tomada para enfriar el aceite sale del intercambiador como vapor que es retornado al receptor y de allí a la entrada del condensador (ref 4.28 ; 4.22; 4.27).

**Fig. 4.8 - Enfriamiento de Aceite mediante Termosifón**



### 4.3- ELECCIÓN DEL CIRCUITO FRIGORÍFICO

Para la selección de los equipos que componen los circuitos frigoríficos de las tres instalaciones se ha tenido en consideración el volumen del almacén frigorífico, la capacidad frigorífica demandada por el sistema, el volumen de fluido frigorífico necesario, relación de compresión, temperatura de descarga permitida por los compresores, necesidad de utilizar un economizador para reducir la temperatura de descarga y aumentar el COP de los compresores, miscibilidad del aceite lubricante con el fluido frigorífero, horas medias de trabajo para realizar el mantenimiento en compresores y máximas temperaturas de bulbo seco y húmedo del lugar.

La instalación 1, dado que tiene un volumen frigorífico pequeño se utilizaron compresores alternativos. Dicha instalación tiene cámaras de temperatura negativa y una antecámara a temperatura positiva. La utilización del freón R-407F como fluido frigorígeno en lugar de  $\text{NH}_3$ , fue como consecuencia de la temperatura de descarga de uno y otro fluido. Se utilizaron dos unidades compresoras independientes para las cámaras y para la antecámara, con el fin de dar más flexibilidad al sistema y evitar interferencias entre ambos en caso de averías que pudieran surgir. La conclusión lógica es la utilización de un "ciclo simple de compresión con freón R-407F sin economizador y expansión múltiple a dos niveles de temperatura".

En la instalación 2, como consecuencia de la dimensión del volumen frigorífico es aconsejable la utilización de compresores de tornillo. La instalación consta de cámaras de temperatura negativa y una antecámara a temperatura positiva. Como fluido frigorígeno se utilizó el  $\text{NH}_3$  por el volumen de la instalación, de hecho Danfoss recomienda su utilización para instalaciones superiores a 100 Kw, por su rendimiento termodinámico que supera al de los refrigerantes freones HFC, porque logra el mismo enfriamiento con un menor consumo energético, un menor coste de funcionamiento, una mayor vida útil de la planta que puede sobrepasar los 20 años y un menor coste como producto, que en el caso de carga del circuito puede suponer un 90% menos que con un HFC. Aún siendo la inversión mayor, su amortización por lo anteriormente dicho compensa su utilización. La instalación consta de un economizador con el fin de disminuir la temperatura de salida de compresión y aumentar el COP, trabaja con una unidad de compresión, formada por dos unidades, tanto para las cámaras negativas como para la antecámara cuyas fuentes de alimentación son distintas, siendo para la primera el líquido del recipiente separador del vapor que alimenta al compresor y para la segunda el líquido del recipiente que actúa como economizador. Por tanto en la instalación 2 se decidió la utilización de un "ciclo simple de compresión de  $\text{NH}_3$  con economizador y expansión múltiple a dos niveles de temperatura".

La instalación 3, por su volumen se considera una instalación grande y está constituida por cámaras de muy baja temperatura como  $-35^\circ\text{C}$  - de una fuerte carga frigorífica - hasta alta temperatura  $+8^\circ\text{C}$ , condensando a  $+37^\circ\text{C}$ , lo que implicaría comprimir desde  $-40^\circ\text{C}$  (temperatura de evaporación del refrigerante) hasta  $+37^\circ\text{C}$  (temperatura de condensación) y una temperatura de descarga de  $195^\circ\text{C}$  en el caso de  $\text{NH}_3$ . No obstante habría que comprimir, tanto en el caso de  $\text{NH}_3$  como con fluidos

tipo freón HFC, desde presiones inferiores a la atmosférica con el peligro que ello conlleva, cosa que no ocurre con el  $\text{CO}_2$ , ya que a ese nivel de temperatura su presión de saturación es de 10,2 bars. Por este motivo se decide la utilización del  $\text{NH}_3$  para alta y del  $\text{CO}_2$  para baja, mediante un "sistema de refrigeración en cascada de  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ ".

Los tres circuitos frigoríficos son por compresión y están basados en la idea de comprimir un fluido hasta una temperatura superior al foco caliente (temperatura ambiente exterior), que posteriormente tiende a enfriarse y condensarse hasta que se pueda expandir a una temperatura inferior a la del foco frío (espacio a refrigerar), como mezcla líquido-vapor, con poco porcentaje de vapor. Estos ciclos tienen la ventaja adicional de aprovechar el calor latente de vaporización de líquido a vapor, en los procesos de absorción y cesión de calor (evaporación y condensación, respectivamente).

#### **4.3.1- CICLO SIMPLE DE COMPRESIÓN CON FREÓN R-407F SIN ECONOMIZADOR Y EXPANSIÓN MÚLTIPLE A DOS NIVELES DE TEMPERATURA**

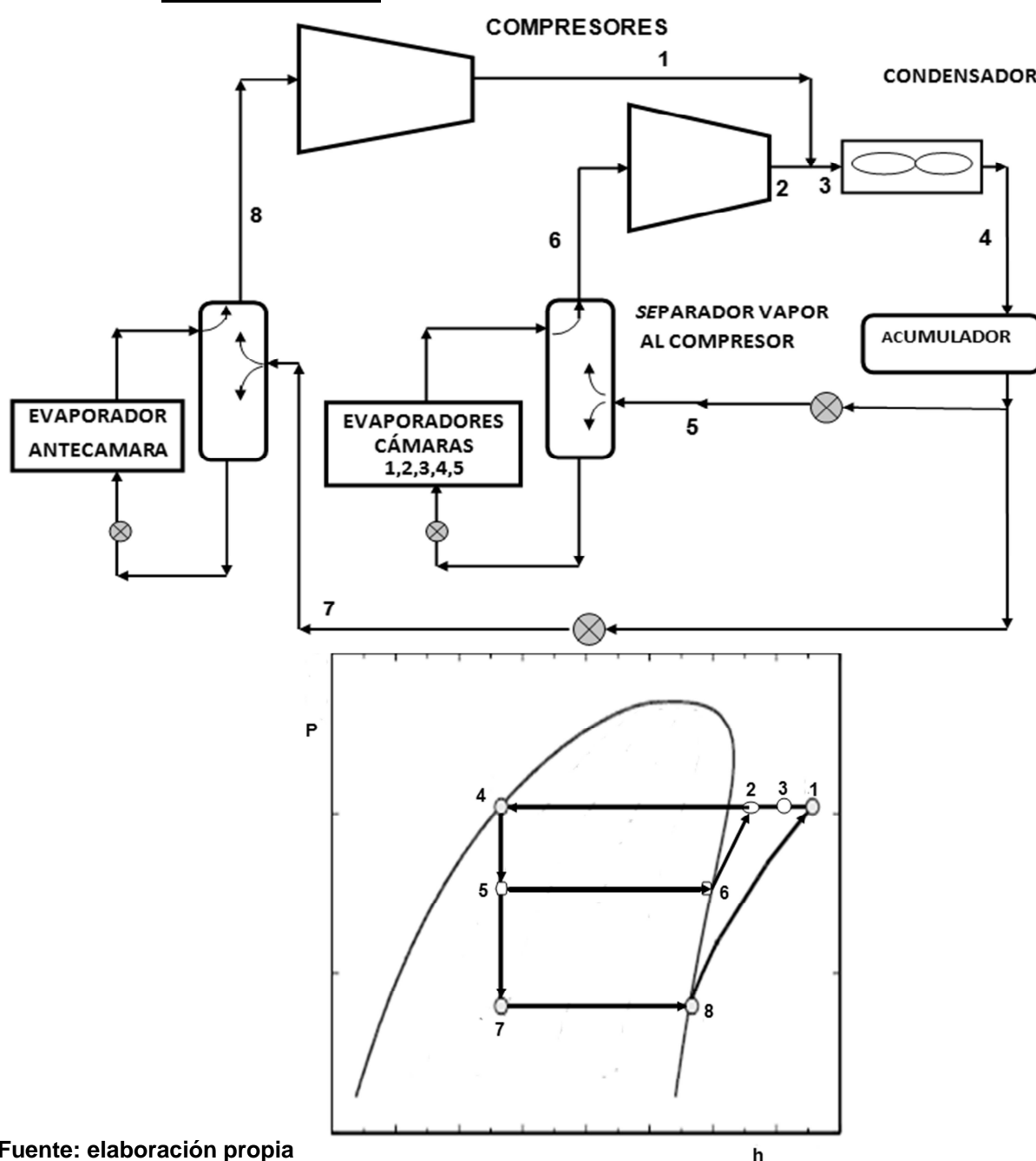
Este sistema, representado en la figura 4.9, es el que se utilizó en la Instalación 1 empleando freón como refrigerante. En este sistema existen dos unidades compresoras una para las cámaras y otra para la antecámara. Para describir el ciclo se comienza por la entrada al condensador punto 3, donde los vapores de descarga de los dos compresores son condensados. En la primera parte del condensador el vapor se enfría hasta la temperatura de vapor saturado (punto de rocío), cediendo calor sensible al medio condensante, a partir de este momento el refrigerante como vapor cede calor latente hasta llegar al punto 4 como líquido saturado (punto de burbuja). A partir de este punto el fluido sigue dos caminos.

En el primero, el fluido líquido a través de una válvula de expansión termostática (VET) disminuye la presión, a entalpía constante, hasta llegar a la temperatura de evaporación necesaria (punto 5) para los evaporadores de las cámaras negativas 1,2,3,4 y 5, entrando en el recipiente separador de aspiración del compresor correspondiente en fase mixta, donde el vapor formado asciende buscando la salida del recipiente separador y el líquido sale por el fondo de dicho recipiente y alimenta a los evaporadores de las cámaras negativas donde se evapora, ganando calor latente procedente de la cámara que se quiere enfriar. Posteriormente, estos vapores procedentes de las cámaras entran al recipiente separador de aspiración, para alimentar junto con el vapor que sale de la válvula de expansión termostática (VET) (punto 5) al compresor.

En el segundo, el fluido líquido sigue el mismo proceso hasta llegar a los evaporadores de la antecámara de forma que el vapor, punto 8, que sale del recipiente separador alimenta al segundo compresor y la descarga del mismo, punto 1, junto con la descarga del primer compresor, punto 2, constituyen la corriente del punto 3 que alimenta al condensador, repitiéndose el ciclo.

En la instalación 1 se introdujeron dos mejoras respecto al sistema descrito. Se sobredimensionó el condensador (5-10%) para que los puntos 4 y 5 de la figura 4.11 se desplazaran hacia la izquierda, lo cual implica que a la salida de la válvula de expansión termostática (VET) hay mucho menos vapor y más líquido, lo que beneficia la eficiencia del evaporador, aumentando la producción frigorífica. Igualmente se mejoró el sistema, sobredimensionando los evaporadores (5-10%) para que los puntos 6 y 8 se desplacen hacia la derecha, a igual presión, convirtiéndose en vapor sobrecalentado ( $4-8^{\circ}\text{C}$ ) con lo que se asegura que no entra líquido al compresor.

**Figura.4.9 - CICLO SIMPLE DE FREÓN R-407F SIN ECONOMIZADOR Y EXPANSIÓN MÚLTIPLE PARA PRODUCCIÓN DE FRÍO A DOS NIVELES - "INSTALACIÓN 1"**



Fuente: elaboración propia

#### **4.3.2- CICLO SIMPLE DE COMPRESIÓN DE NH<sub>3</sub> CON ECONOMIZADOR Y EXPANSIÓN MÚLTIPLE A DOS NIVELES DE TEMPERATURA**

Este sistema, representado en la figura 4.10, es el utilizado en la instalación 2 empleando NH<sub>3</sub> como refrigerante. En esta instalación existen dos unidades compresoras una para las cámaras y otra para la antecámara. Para hacer la descripción más simple se comienza por la entrada al condensador, representado por el punto 2, donde el vapor de descarga del compresor es condensado, punto 3. Al igual que en la figura 4.11 correspondiente a la instalación 1, en la primera parte del condensador el vapor se enfría hasta la temperatura de vapor saturado (punto de rocío), cediendo calor sensible al medio condensante, a partir de este momento el refrigerante como vapor cede calor latente hasta llegar al punto 3 como líquido saturado (punto de burbuja). Este líquido a través de una válvula de expansión termostática (VET), disminuye la presión, a entalpía constante, hasta llegar a las condiciones de T y P recomendadas para el economizador por el fabricante del compresor, llegando al punto 4 con una mezcla de líquido y vapor. El vapor, punto 5, sale por la parte superior del economizador y es la alimentación intermedia del compresor y el líquido sale por el fondo del economizador, punto 6. Desde este punto sigue dos caminos, en el primero parte de él pasa a través de otra válvula de expansión termostática (VET), punto 8, llegando isoentálpicamente hasta la temperatura de evaporación de los evaporadores de las cámaras 1 y 2, fijando así la presión y temperatura en el recipiente de la aspiración del compresor donde se separa la mezcla liquido-vapor. El líquido sale por el fondo del recipiente y es bombeado pasando a través de una válvula de expansión termostática (VET) para alimentar a los evaporadores de las cámaras 1 y 2, desde cuya salida, ya como vapor, retorna de nuevo al recipiente y junto con el vapor, punto 8v, formado a la salida de la válvula de expansión termostática (VET) de la entrada al recipiente, punto 8, constituyen parte de la alimentación al compresor. En el segundo, la otra parte del líquido del punto 6 es bombeado y pasa a través de otra válvula de expansión termostática (VET), llegando isoentálpicamente hasta la temperatura de evaporación de los evaporadores de la antecámara a los que entra en fase mixta, punto 7, con una pequeña cantidad de vapor. La salida de los evaporadores de la antecámara ya en fase vapor, punto 10, previo paso por una válvula de expansión presostática (VEP) para igualar la presión con los vapores de salida de los evaporadores de las cámaras 1 y 2 y junto con ellos, punto 13, entrar en el recipiente de aspiración del compresor.

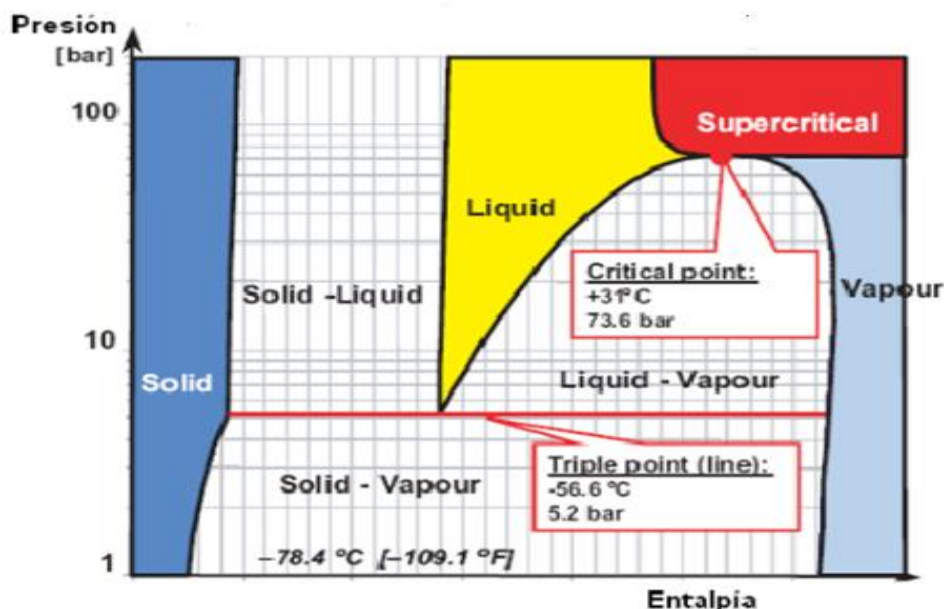
En la instalación 2 se montaron compresores a tornillo, los cuales admiten en la primera parte una segunda entrada de gas, siendo ésta la que proviene del economizador como gas saturado, de forma que en el interior del compresor se mezclan las corrientes 1' con la corriente fría 5 y resulta la corriente 5' que sigue comprimiéndose y hace que se reduzca bastante la temperatura de descarga del compresor. Una vez en este punto se repetiría el ciclo.



### 4.3.3. - SISTEMAS DE COMPRESIÓN EN CASCADA

Este sistema está representado en la figura 4.12 y es el utilizado en la instalación 3, donde se emplean como refrigerantes  $\text{NH}_3$  (fluido primario) y  $\text{CO}_2$  (fluido secundario). En esta instalación hay que evaporar a  $-40^\circ\text{C}$ , pues hay dos túneles de congelación, y se condensa a  $+37^\circ\text{C}$ , esto implica una relación de compresión muy alta y una temperatura de descarga del compresor altísima que primero no admitiría el fabricante del compresor y que a la vez degradaría el aceite lubricante. Si se eligiera  $\text{NH}_3$  o cualquier otro freón HFC a temperaturas bajas, como la indicada, habría que ir a presiones próximas o inferiores a la atmosférica que provocaría entrada de aire húmedo en los evaporadores lo que produciría un porcentaje de humedad bastante alta y podría solidificar dando problemas de funcionamiento e incluso taponar el evaporador (ref 4.13), sin embargo, el  $\text{CO}_2$  a  $-40^\circ\text{C}$  tiene una presión de saturación de 10,2 bar siendo el único refrigerante utilizado en refrigeración industrial que se sale del rango de la presión atmosférica a esta temperatura. Conviene señalar que este fluido tiene un punto crítico de  $+31^\circ\text{C}$  y 7,44 bar y un punto triple de  $-56,6^\circ\text{C}$  y 5,2 bar, como puede verse en la figura 4.11, por lo que para trabajar en régimen subcrítico, que es el caso de la instalación 3, solo permite evaporar con un valor mínimo a  $-55^\circ\text{C}$  y condensar como máximo a  $30^\circ\text{C}$ , de ahí que sea útil para baja pero no para alta temperatura.

Figura 4.11 - Diagrama P-h  $\text{CO}_2$



Por otro lado en el caso de alta, como es el caso del condensador, no se utilizaron freones pues la presión de condensación, de aquellos que aún están permitidos, es mayor que la del  $\text{NH}_3$  (14,3 bar) y tienen un COP menor, por lo que el  $\text{NH}_3$  es el refrigerante apropiado para alta presión en este caso. Por tanto el sistema a utilizar en estas circunstancias es un circuito en cascada de  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ , en donde el  $\text{NH}_3$  se utiliza para alta y el  $\text{CO}_2$  para baja temperatura.

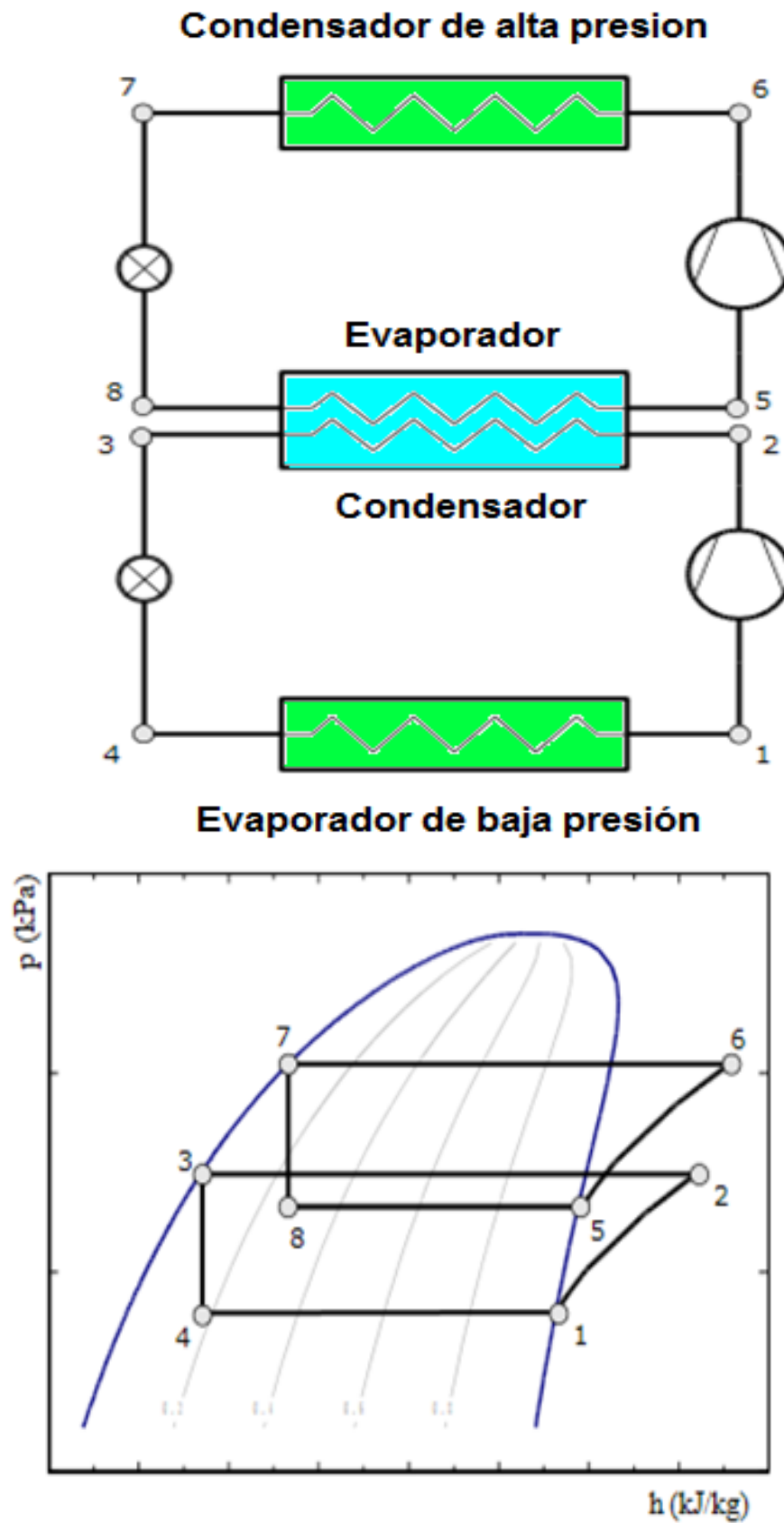
Una vez expuestas las razones para la utilización del sistema en cascada en la instalación 3, se describe su funcionamiento en base al esquema de la figura 4.14. La producción de frío para los túneles de congelación y la cámara de congelados se realiza con  $\text{CO}_2$ . Después de pasar por una válvula de expansión termostática (punto 3 y 4) a la que llega como líquido saturado  $-8^\circ\text{C}$  y sale a  $-40^\circ\text{C}$ , como mezcla líquido-vapor (vapor en pequeña proporción), entra en el evaporador (baja presión) saliendo totalmente vaporizado a  $-40^\circ\text{C}$ , pasando del punto 4 al 1. A la salida del evaporador, punto 1, el  $\text{CO}_2$  es comprimido hasta la presión de saturación correspondiente a la temperatura de condensación ( $-8^\circ\text{C}$ ). La condensación del  $\text{CO}_2$  se realiza en un intercambiador de placas en contracorriente con el  $\text{NH}_3$  procedente del condensador evaporativo de alta presión y pasar por una válvula de expansión termostática (punto 7 y 8) que hace bajar la presión del líquido que sale del condensador hasta la temperatura de  $-12^\circ\text{C}$ , apropiada para la condensación del  $\text{CO}_2$ . El  $\text{NH}_3$  en estado vapor que sale del intercambiador de placas, punto 5, es comprimido hasta la presión de saturación correspondiente a la temperatura de condensación del  $\text{NH}_3$  ( $+45^\circ\text{C}$ ), punto 6, desde donde entra en el condensador evaporativo. A la salida del mismo, punto 7, el  $\text{NH}_3$  como condensado saturado, se dirige hacia la válvula de expansión termostática (punto 7 y 8) y de nuevo se repite el ciclo.

La carga frigorífica del circuito de alta temperatura viene dada por la potencia frigorífica de condensación del sistema de baja temperatura ( $\text{CO}_2$ ), que atiende a túneles, cámara de conservación de congelados y cámaras de refrigerados positivas, más las necesidades frigoríficas atendidas por el propio fluido primario ( $\text{NH}_3$ ), como es el sistema de glicol para las salas de trabajo o de procesamiento que son temperaturas positivas ( $10^\circ\text{C}$ : $18^\circ\text{C}$ ) más la potencia necesaria para enfriar el aceite de los compresores.

En la producción de frío a bajas temperaturas, descrita anteriormente mediante el circuito frigorífico en cascada, se disminuye la relación de compresión de cada sistema, lo que hace que la eficiencia volumétrica aumente en cada una de las etapas y, por lo tanto, el sistema en su totalidad sea más eficiente por lo que también se necesita menos desplazamiento de los compresores, siendo estos más pequeños en su conjunto. Así mismo, la temperatura de descarga disminuye en comparación a un sistema de una sola etapa, lo cual beneficia la temperatura del aceite y la buena lubricación del compresor.

En la instalación 3 también se introdujeron las dos mejoras descritas en la instalación 1, respecto al sobredimensionamiento del condensador evaporativo (5-10%) y de los evaporadores (5-10%), resultando los mismo efectos ya señalados en dicho apartado.



**Figura.4.12 - CICLO DE COMPRESION EN CASCADA**

Fuente: elaboración propia

#### **4.4 - FLUIDOS REFRIGERANTES**

Los fluidos refrigerantes son sustancias fácilmente licuables que son utilizadas como medio de transmisión de calor en las instalaciones de producción de frío.

La introducción de los refrigerantes CFC (clorofluorocarbonos) y posteriormente HCFC (hidroclorofluorocarbonos) resultaron ser sustancias ideales, como refrigerantes, hasta que se constató en 1974 su influencia en la formación del agujero de la capa de Ozono, debido a su contenido en cloro y efecto invernadero (mayormente los CFC). Dentro de los gases refrigerantes, hasta 1980 los más utilizados eran los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), en particular el R22, al aumentar la preocupación por el agotamiento de la capa de ozono, estos gases fueron remplazados por hidrofluorocarbonos (HFCs), que no producen la destrucción de la capa de ozono, aunque inciden directamente en el efecto invernadero (ref. 4.7; 4.8).

A raíz del descubrimiento del agujero de ozono y la firma de los protocolos de Montreal, Kioto y Kigali, encaminados a resolver este problema medioambiental son cuatro los parámetros tenidos en cuenta para elegir un fluido refrigerante en cuanto a contaminación del medio ambiental y seguridad: potencial de destrucción de la capa de ozono (conocido como ODP), potencial de calentamiento atmosférico (conocido como PCA o en inglés GWP), inflamabilidad y toxicidad.

Los fluidos refrigerantes más utilizados se clasifican según su composición química. Los "clorofluorocarbonos" CFC están compuestos por moléculas muy estables de metano totalmente halogenadas; la gran estabilidad que poseen sus moléculas hacen que su potencial de destrucción de la capa de ozono (ODP) sea alto y la presencia de flúor hace que contribuyan a producir el efecto invernadero. Ejemplo: R11, R12, R500, R502, R503. Los "hidroclofluorocarbonados" HCFC están compuestos por moléculas de metano y de etano parcialmente halogenadas, menos estables que las de los CFC; su menor estabilidad hace que tengan un ODP más bajo que los CFC y la presencia de flúor hace que contribuyan a producir el efecto invernadero. Ejemplos: R22, R124, R134A y R23. Los "perfluorocarbonados" PC son compuestos que al no poseer cloro no son agresivos con la capa de ozono, pero tienen un tiempo de permanencia elevado en la atmosfera, por lo que la capacidad de potenciar el efecto invernadero es grande, lo que limita su utilización. Ejemplo: R14, R116. Los HFC + HFC, son mezclas que pueden considerarse como definitivas en la sustitución de los CFC y HCFC. Ejemplos: R404A, R407C, R410A, R407F. Los "hidrocarburos" HC, son compuestos cuyos índices de ODP y PCA son nulos, por lo que hace que se tengan en cuenta desde el punto de vista ecológico. Ejemplos: R600 y R290. Los "refrigerantes inorgánicos" son refrigerantes naturales de bajo coste que, como en el caso anterior, tienen índices de ODP y PCA nulos o muy bajos. Ejemplos: NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>.

#### **4.4.1- ELECCIÓN DEL REFRIGERANTE**

En la Instalación 1 se decidió el empleo del freón R407F, ya que se quería una instalación lo más económica posible y que cumpliera con sus objetivos. Se eligió este refrigerante porque cumplía con la condiciones termodinámicas necesarias para hacer el diseño de la planta y asegurar su funcionamiento. No sería posible la utilización de  $\text{NH}_3$ , pues por el volumen frigorífico de la instalación aconsejaba la utilización de un freón y por otro lado la temperatura de descarga del compresor en el caso de  $\text{NH}_3$  era excesivamente alta al utilizar un circuito de compresión simple sin economizador. En cuanto a las propiedades medioambientales del refrigerante elegido el ODP era nulo y el PCA 1.705, además al estar clasificado en el grupo A1 no es inflamable y tiene baja toxicidad.

En la Instalación 2 se decidió el empleo de  $\text{NH}_3$ , ya que se acomodaba bien a las condiciones de operación y el volumen frigorífico lo aconsejaba, utilizando un circuito de compresión simple con economizador disminuyendo así la temperatura de descarga de compresión y mejorando el COP. En cuanto a las propiedades medioambientales, este fluido refrigerante tiene unas propiedades muy aceptables, pues el ODP y el PCA son nulos. En cuanto a seguridad el  $\text{NH}_3$  es ligeramente inflamable, pues está clasificado en el grupo B2 por lo que mezclado con aire, en una proporción de más de 3,5% en volumen, puede ser combustible y tiene alta toxicidad, pudiendo ser mortal si se permanece en el recinto donde exista una atmosfera con concentraciones de más de un 0,5% de volumen por un periodo de 30 minutos, aunque tiene la ventaja de que se detecta rápidamente por el olfato. Conviene indicar que el  $\text{NH}_3$  resulta especialmente interesante en instalaciones de medio o gran tamaño, tanto a alta como a baja temperatura (con límite de seguridad  $-30^\circ\text{C}$  cuya presión de saturación es 1,2 bar, con el fin de estar siempre por encima de la presión atmosférica) pues sus propiedades termodinámicas superan a los HFC y su capacidad frigorífica es mayor que la de cualquier HFC (ref.4.16;4.17)

En la Instalación 3 se decidió el empleo en cascada del  $\text{NH}_3/\text{CO}_2$ , ya que es una instalación de fuerte carga frigorífica de temperaturas negativas, para túneles de congelación y cámaras de congelados, y una carga algo menor para temperaturas positivas de media y alta. Los fluidos elegidos fueron el  $\text{NH}_3$ , pues es el apropiado para el sistema de alta temperatura, cuyas propiedades ya han sido anteriormente expuestas y el  $\text{CO}_2$  que es el apropiado para el sistema de baja temperatura, cuyas propiedades medioambientales son ODP nulo y PCA uno y está clasificado en el grupo A1, por lo que no es inflamable y tiene baja toxicidad.

**BIBLIOGRAFÍA**

4.1- La cadena de frío, elemento clave en seguridad alimentaria. Maite Pelayo. 18 Diciembre 2008.

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo/2008/12/18/182212.php>

4.2 - Cadena de Frío. Dra.MA. Andrea Trejo Márquez

<https://es.slideshare.net/postcosecha/cadena-del-frio>

4.3 - El transporte de alimentos y la cadena de frío | Sertrans

<http://www.sertrans.es/trasporte-terrestre/el-transporte-de-alimentos-y-la-cadena-de-frio-2/>

4.4 - Recomendaciones para la conservación y transporte de alimentos perecederos. Manuel Dominguez, Carmen García y José M<sup>a</sup> Arias . Instituto del Frío 2.009.

<http://digital.csic.es/bitstream/10261/15514/1/RECOMENDACIONES%20PARA%20LA%20CONSERVACION%20Y%20TRANSPORTE%20DE%20ALIMENTOS%20PERECEDEROS.pdf>

4.5 - La Organización para la Agricultura y la Alimentación de la Naciones Unidas FAO - Capítulo 7 Almacenamiento

<http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s0a.htm>

4.6 - INTA\_cartilla congelacion.pdf (Duración de productos congelados)

[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_cartilla\\_congelacion.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_congelacion.pdf)

4.7 - Fundamentos de Refrigeración - ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración) -2015

4.8 - Refrigeración Industrial. Montaje y Mantenimiento de Instalaciones frigoríficas. Editorial Técnica. Ediciones CEYSA. Carlos González Sierra 2012.

4.9 - Criterios para la elección del compresor frigorífico

<http://mayekawa.es/49-criterios-para-la-elecci%C3%B3n-del-compresor-frigorifico.html>

4.10 - Evaporadores en refrigeración - parte IX

<http://www.blog.simec.biz/evaporadoresen-refrigeracion-parte-ix/>

4.11- Tipos desescarches en evaporadores. Scrib

<https://es.scribd.com/doc/69332637/tipos-desescarche-evaporadores>

4.12 - Controles Automáticos para Sistemas de Refrigeración Industriales. Danfoss  
<http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/PA000C205.pdf>

4.13 - Formación online - compresores. Centro Integrado de Formación Profesional. Área de Instalaciones de Refrigeración (MSP).  
<file:///C:/TESIS-PROY%20FRIGO/COMPRESORES/Formaci%C3%B3n%20online--compresores.htm>

4.14 - Sistemas en cascada y sus aplicaciones Ing. Luis Gerardo Martinez Prado  
<https://www.mundohvacr.com.mx/2010/12/sistema-en-cascada-y-sus-aplicaciones/>

4.15 - Índice Memoria - UP Commons-El CO<sub>2</sub> en la Industria de Refrigeración. Capítulo 3. Guillen Rosado Batlle 2.010.  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10573/Mem%C3%B2ria.pdf>

4.16 - Análisis comparativo de las características básicas de los fluidos refrigerantes más utilizados  
<http://acustica.unileon.es/wp-content/uploads/2012/05/AN%C3%81LISIS-COMPARATIVO-DE-LAS-CARACTER%C3%8DSTICAS-B%C3%81SICAS-DE-LOS-FLU%C3%8DDOS-REFRIGERANTES-M%C3%81S-UTILIZADOS.pdf>

4.17 - De los HFC/HCFC al amoníaco en la refrigeración industrial - Danfoss  
[http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/DKRCI.EE.000.E1.05\\_HFC\\_to\\_Ammonia.pdf](http://files.danfoss.com/TechnicalInfo/Dila/01/DKRCI.EE.000.E1.05_HFC_to_Ammonia.pdf)



## CAPITULO 5- INSTALACIONES





## **5.-INSTALACIONES**

En este momento quiero agradecer a **D. Raúl Alonso Gallego, Presidente del Grupo Catri**, empresa en la que trabajé como Director General de la sociedad Catri Internacional S.A., las facilidades que me ha dado para poder realizar este trabajo. Dentro de esta autorización no se me ha permitido identificar la ubicación, ni el nombre de cada una de las instalaciones, aunque sí puedo decir que la segunda está en la provincia de Madrid y las otras dos en la provincia de Toledo. Por lo que serán identificadas como Instalación 1, 2 y 3

- **INSTALACION 1:** Instalación Frigorífica, de Compresión Simple sin Economizador, de Freón R-407F.
- **INSTALACION 2:** Instalación Frigorífica, de Compresión Simple con Economizador, de Amoniaco.
- **IINSTALACION 3:** Instalación Frigorífica, de Compresión en Cascada, de  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$







---

## **5.1 - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA, DE COMPRESIÓN SIMPLE SIN ECONOMIZADOR, DE FREON F407F**

---



## **5.1 - INSTALACIÓN 1 - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE FREÓN R407F DE COMPRESIÓN SIMPLE SIN ECONOMIZADOR Y DOS NIVELES DE TEMPERATURA**

En el diagrama 5.1 se puede ver el esquema de principio de la instalación frigorífica de la Instalación 1 y en el diagrama 5.2 se representa la planimetría de la planta completa, donde se pueden distinguir los recintos interesados de la instalación frigorífica, es decir, antecámara, y cámaras de congelados y una cámara para productos secos que no es refrigerada y por tanto no es tomada en cuenta en el desarrollo de este trabajo.

### **5.1.1 - BASES Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

La instalación consta de cinco cámaras para la conservación de los productos congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  y una antecámara a  $+2^{\circ}\text{C}$ . Las cámaras de dimensiones  $12,26 \times 9,88 \times 3,00 \text{ m}$  tienen un volumen unitario de  $363,7 \text{ m}^3$ . Las cinco cámaras podrían almacenar un solo producto congelado tanto pescado como carne o vegetal envasado a vacío. La antecámara tiene como función el hacer que la mercancía no pierda temperatura desde que llega al almacén hasta que se meta en las cámaras. Este almacén fue diseñado con la idea de una gran rotación para servir a grandes mercados, de forma que la mercancía en las cámaras permaneciera no más de tres días, ya que todos los días es cargada con nueva mercancía. Dependiendo del tipo de producto, tipo de embalaje y tipo de almacenaje dentro de las cámaras, en cada una de ellas se puede almacenar entre 60 y 70 Tm de producto congelado.

Dado que la temperatura máxima de bulbo húmedo es de  $33^{\circ}\text{C}$  y se utiliza un condensador evaporativo, la temperatura de condensación, tomando un  $\Delta T$  de  $12^{\circ}\text{C}$ , es de  $45^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de evaporación para las cámaras de conservación de congelados es de  $-28^{\circ}\text{C}$ , considerando un  $\Delta T$  de  $8^{\circ}\text{C}$  y para la antecámara  $-6^{\circ}\text{C}$ , considerando un  $\Delta T$  de  $8^{\circ}\text{C}$ .

En la tabla 5.1 se muestran los valores de volúmenes, cargas frigoríficas o cargas térmicas, temperaturas de las cámaras y temperaturas de evaporación consideradas. Para el cálculo de la carga térmica de las cámaras de conservación de congelados en el período carga se ha considerado la ganancia de calor por transmisión a través de paredes, techo y suelo; las ganancias de calor por servicios (apertura de puertas, alumbrado y el calor producido por el personal); las ganancias de calor producidas por motores eléctricos y ventiladores del evaporador y las ganancias de calor producidas por la carga. En este caso, dado que la carga viene ya congelada la diferencia de temperatura entre la descarga del contenedor frigorífico y la temperatura una vez dentro de la cámara, para el diseño se consideró entre  $8^{\circ}\text{C}$  y  $10^{\circ}\text{C}$ . Una vez alcanzada la temperatura de régimen, la carga térmica de conservación ya no tendrá en cuenta las ganancias de calor producidas por la carga, es decir, el calor sensible para enfriar el producto.

Tabla 5.1 - Parámetros característicos de la instalación

	Volumen m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Carga Térmica Kw	Temperatura de evaporación del refrigerante °C
Cámara de congelados 1	363	-20	15	-28
Cámara de congelados 2	363	-20	15	-28
Cámara de congelados 3	363	-20	15	-28
Cámara de congelados 4	363	-20	15	-28
Cámara de congelados 5	363	-20	15	-28
Antecámara	737	2	28	-6

### 5.1.2 - DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

La instalación frigorífica es una central formada por 4 compresores, con las características que se indican a continuación:

#### a) Central Frigorífica

##### a.1) Unidad compresora de baja

La unidad compresora se ha dimensionado en base a las cargas térmicas de todo el sistema de baja presión correspondiente a las cámaras de congelado. Está formada por tres compresores alternativos BITZER, de las siguientes características unitarias:

Modelo ..... 6FE-44Y  
 Número de unidades ..... 3  
 Refrigerante ..... R407F  
 Capacidad frigorífica 50Hz ..... 32,6KW  
 T<sup>a</sup> de condensación de diseño ..... +45°C  
 T<sup>a</sup> de evaporación ..... -28°C  
 Potencia absorbida ..... 22KW  
 Velocidad del compresor ..... 2.900 rpm  
 COP ..... 1,45

El sistema ha sido diseñado para las cámaras de congelado, en el caso de que de uno de los compresores fallara los otros dos darían la potencia frigorífica suficiente para dar servicio a las cinco cámaras.

**a2) Unidad compresora de media**

La unidad compresora se ha dimensionado en base a las cargas térmicas del sistema de media presión para la antecámara. Está formada por un compresor BITZER de las siguientes características unitarias:

Modelo .....	4JE-15Y
Número de unidades.....	1
Refrigerante .....	R407F
Capacidad frigorífica 50Hz.....	38,4 KW
Tª de condensación de diseño.....	+45°C
Tª de evaporación.....	-6°C
Potencia absorbida .....	13,86 KW
Velocidad del compresor .....	2.900 rpm
COP .....	2,77

**Figura 5.1 - Central frigorífica**

**b) Condensador evaporativo**

El condensador evaporativo de la marca FRIMETAL, representado en la figura 5.2, tiene como misión condensar todo el vapor que sale de los compresores y para ello necesita disipar las cargas térmicas de los evaporadores y la potencia absorbida por los compresores. Su descripción y funcionamiento puede verse en el Anexo. A.10.2

Las características técnicas unitarias son las que se indican a continuación:

Modelo .....	CBN-380D
Unidades.....	1
Capacidad frigorífica a disipar.....	253 KW
Tª de condensación .....	+45° C
Tª húmeda .....	+33° C
Caudal de aire .....	33 m³/s.

**Figura 5.2 - Condensador evaporativo****c) Un recipiente de líquido**

Este recipiente tiene como función ser un pulmón de carga del sistema al recibir el líquido proveniente del condensador y dar servicio a los evaporadores. Se diseñó para un tiempo de residencia de 8 minutos, con el fin de tener segura la alimentación al circuito en caso de alguna anomalía. Tiene controladores de nivel de alta y de baja, así como un visor que permite ver externamente el nivel real del líquido en el interior. Dado que su misión es solo de pulmón del circuito es de tipo horizontal.



**d) Un separador de aspiración -28°C**

El equipo de aspiración al compresor de baja es un recipiente de separación liquido-vapor, que tiene la misión de separar el vapor producido en la válvula de expansión termostática del líquido que sale del fondo del recipiente pulmón de líquido y el vapor producido a la salida de los evaporadores. Dichos vapores serán la alimentación a los compresores. El líquido formado a la salida de la válvula termostática será la alimentación a los evaporadores. Se dimensiona dicho recipiente considerando un tiempo de residencia del líquido de 5 minutos.

De esta manera se consigue que el refrigerante que llega al compresor esté totalmente en fase vapor. Su construcción se hizo de tipo vertical.

**e) Un separador de aspiración -6°C**

El equipo de aspiración al compresor de alta, es un recipiente de separación liquido-vapor, que tiene la misión de separar el vapor producido en la válvula de expansión termostática del líquido, que sale del fondo del recipiente pulmón de líquido y el vapor producido a la salida de los evaporadores de la antecámara. Dichos vapores serán la alimentación al compresor. El líquido formado a la salida de la válvula termostática será la alimentación a los evaporadores. Se dimensiona dicho recipiente considerando un tiempo de residencia del líquido de 3 minutos. De esta manera se consigue que el refrigerante que llega al compresor esté totalmente en fase vapor. Su construcción se hizo de tipo vertical.

**f) Evaporadores**

Todos los evaporadores de esta planta son del tipo de expansión seca (DX), siendo evaporadores cúbicos para las cámaras de congelados y de plafón para la antecámara, con batería en acero inoxidable de la marca FRIMETAL.

Las características de los evaporadores son las mostradas en la tabla 5.2

**Tabla 5.2 - Características de los evaporadores de la Instalación 1**

	<b>Cámaras de congelados 1,2,3,4 y 5</b>	<b>Antecámara</b>
Tª. de cámara °C	-20	+2
Tipo de evaporador °C	cúbico	plafón
Nº evaporadores /cámara	1	5
Modelo	FRL865	PIM900
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	16.8	10
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	55	47,7
Desescarche	eléctrico	eléctrico
Corriente	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> / h	14.000 m <sup>3</sup> /h	7.000 m <sup>3</sup> /h



### g) Cuadro eléctrico

El cuadro eléctrico, representado en la figura 5.3, está construido en chapa metálica terminado en pintura epoxi y situado en la sala de máquinas. Está equipado con los diferentes elementos para el control de funcionamiento del total de la instalación frigorífica. Incluye un autómata programable para el control automático de la instalación, incluida pantalla y programación. La ejecución de la maniobra se realiza a través de un PLC Premium que incorpora una pantalla táctil. Desde dicha pantalla se acciona la marcha y paro de las unidades y resto de elementos, reflejando los parámetros de funcionamiento, estado de los mismos y cualquier evento que se produzca, tales como alarmas y sinóptico de la instalación.

**Figura 5.3 - Cuadro eléctrico**



#### **5.1.3 - FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACION 1**

Como puede verse en el diagrama 5.1, los gases de descarga procedentes de los tres compresores del sistema de baja presión (cámaras) y del compresor del sistema de media presión (antecámara) se condensan en un condensador evaporativo. El refrigerante condensado pasa a un recipiente acumulador de líquido de alta presión. Desde este recipiente parte del líquido alimenta a los evaporadores de las cámaras después de pasar por una válvula de expansión termostática (VET) cuya mezcla de líquido-vapor a la salida de la misma es separada en un recipiente (-28°C, recipiente aspiración cámaras). El líquido que sale por el fondo de este recipiente es el que alimenta a los evaporadores de las cámaras, cuyas descargas ya vaporizadas entran de nuevo en el mismo recipiente y junto con el vapor formado a la salida de la válvula de expansión termostática (VET) salen por la parte superior del mismo para entrar en los compresores de baja. La otra parte del líquido que sale del recipiente de alta presión, después de pasar por una válvula de expansión termostática (VET), ya como mezcla líquido-vapor, entra en un recipiente (-6°C, recipiente aspiración antecámara) de forma que el líquido sale por el fondo para alimentar a los evaporadores de la antecámara, cuyas salidas en forma de vapor entran de nuevo en el mismo recipiente y junto con el vapor que sale de la válvula de expansión termostática (VET) es la alimentación del compresor de media, cuya descarga junto con la descarga de los compresores de baja constituyen la entrada al condensador evaporativo, repitiéndose el ciclo.

#### 5.1.4 - RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE OPERACION - INSTALACION 1

Las pruebas de operación se realizaron con los tres tipos de alimentos que constituyen la operativa normal de funcionamiento, es decir, carne, pescado y vegetales ya congelados, hasta lograr el punto de consigna de  $-20^{\circ}\text{C}$ , comparando las cargas que se consideraron como mínima y máxima, es decir, 60 y 70 Tm en condiciones normales de operación con los valores utilizados para diseño y elección de los evaporadores. Como era de esperar la capacidad de almacenaje con vegetales envasados al vacío era menor y en ningún caso se llegaba a 70 Tm, pues variaba entre 60 y 62 Tm. En el caso de la carne y el pescado dependiendo de la especie y del envasado variaba entre 60 y 70 Tm. Dado que la propiedad del almacén es el propietario de los contenedores frigoríficos y de la carga, los contenedores operativamente mantienen la temperatura de congelación entre  $-18^{\circ}\text{C}$  y  $-20^{\circ}\text{C}$  con gran precisión.

Los resultados que se obtuvieron fueron los que se indican en la tabla.5.3, teniendo en cuenta que estos valores son los obtenidos con la instalación en funcionamiento con la capacidad frigorífica de los evaporadores de 16,8 Kw, valor dado por el fabricante y que se corresponde con la realidad operativa, mientras que el valor de diseño calculado para la selección de los evaporadores de las cámaras fue de 15 Kw.

**Tabla 5.3 - Resultado de las pruebas de operación - Instalación 1**

Especie	Resultados con las cámaras en operación			
	Capacidad Cámara Tm	Carga Cámara Tm/día	Temperatura consigna $-20^{\circ}\text{C}$	
			Horas de funcionamiento en carga	Horas de funcionamiento en conservación
Carne	60	24	15,5	8
Pescado	60	24	14,7	8
Vegetales	60	24	15,9	8
Carne	70	28	16,7	8
Pescado	70	28	15,7	8
Resultados de las cámaras en diseño				
Carne	60	24	17,5	9
Pescado	60	24	16,6	9
Vegetales	60	24	18	9
Carne	70	28	18,8	9
Pescado	70	28	17,8	9

Para la elección de los evaporadores se utilizó la capacidad frigorífica (carga térmica) de diseño mostrada en la tabla 5.1. Con estas cargas térmicas y con temperatura de consigna de la cámara de  $-20^{\circ}\text{C}$  se calcularon mediante balances térmicos los valores correspondientes a las cámaras según el producto que almacena, lo que se muestra en la tabla 5.3. Teniendo en cuenta que los evaporadores seleccionados tienen una capacidad frigorífica del 12% superior a las cargas térmicas calculadas, los valores obtenidos en operación están en línea con los de diseño, como se puede comprobar en la tabla 5.3. Por tanto, se considera que la instalación opera y funciona correctamente para conseguir la temperatura de consigna en unas condiciones apropiadas a las esperadas por el diseño realizado.

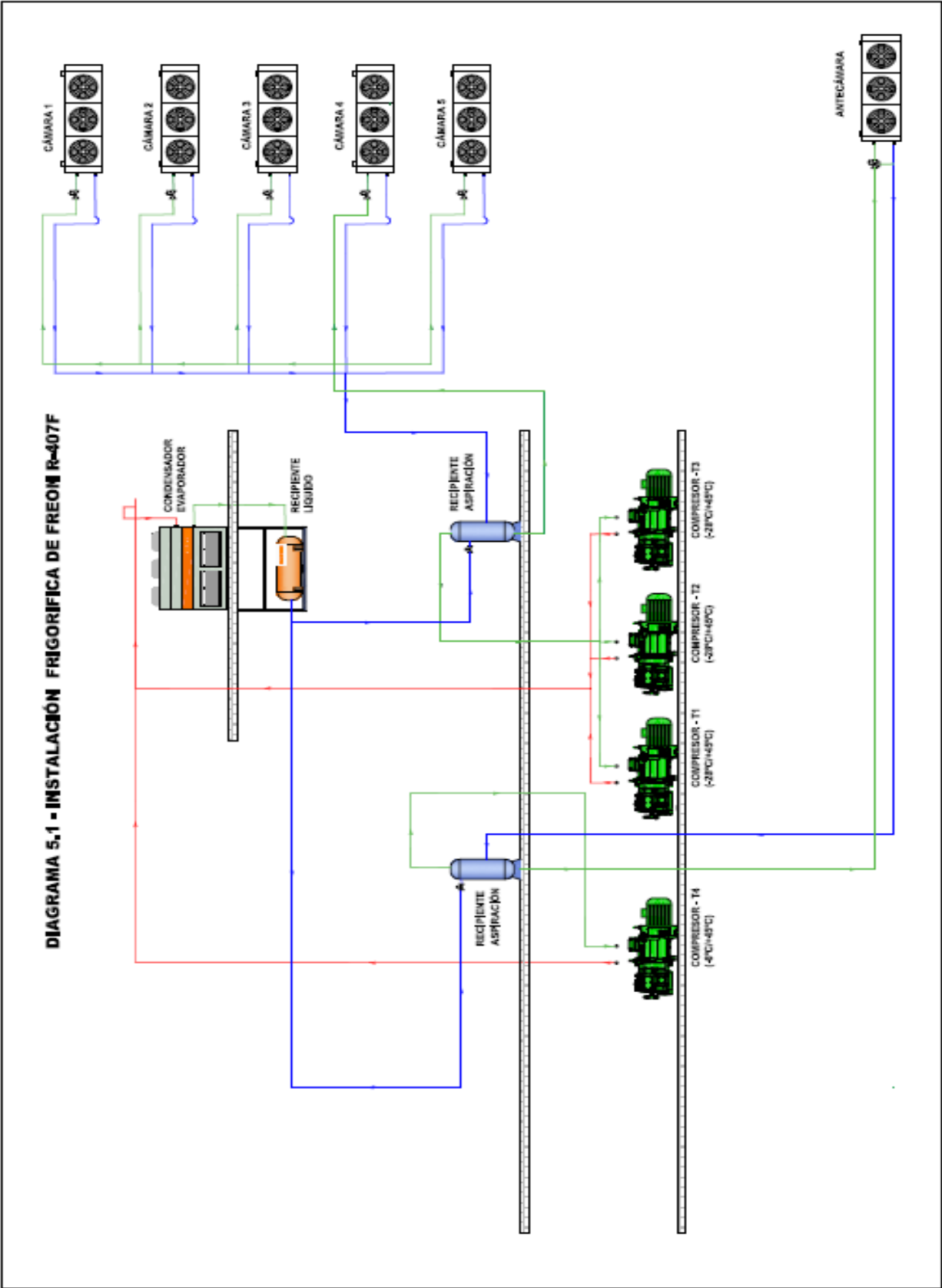
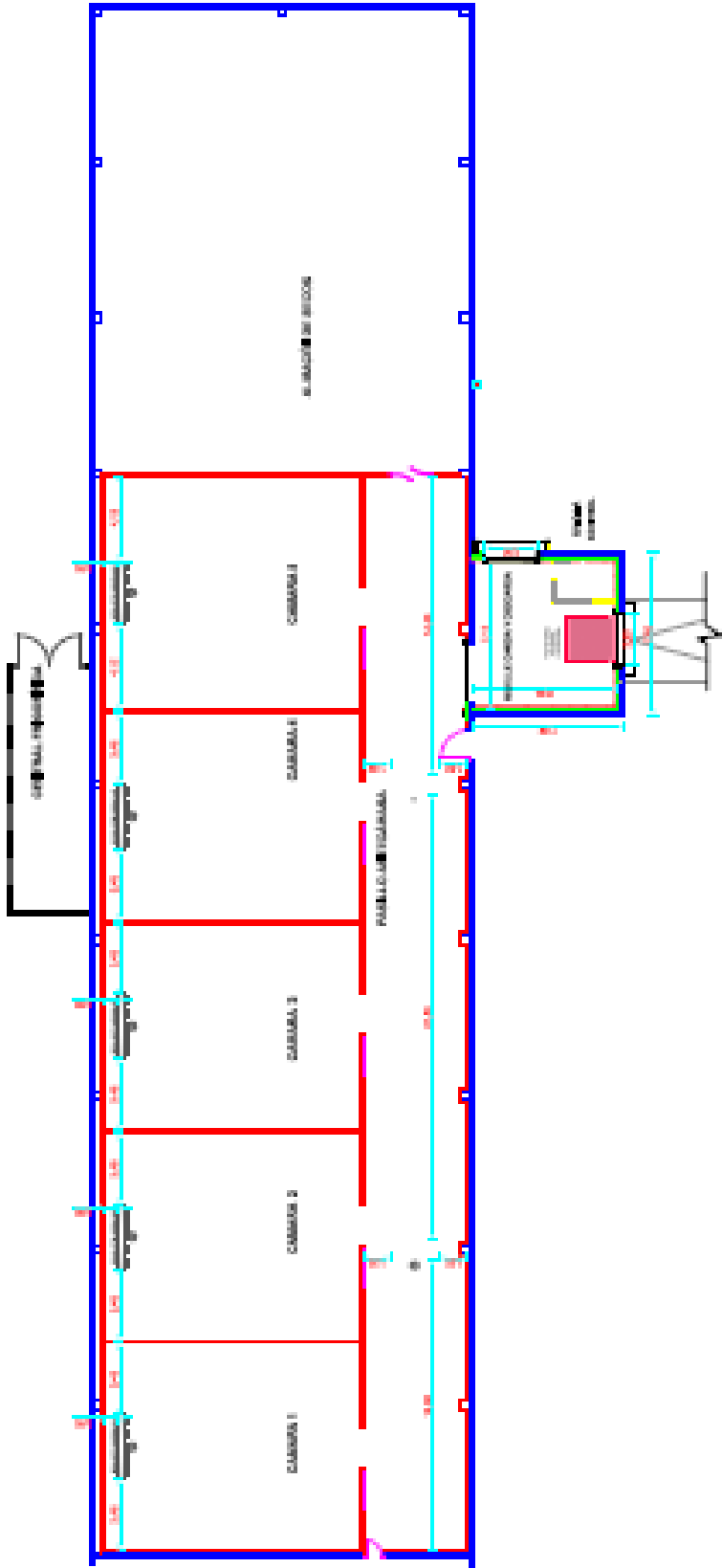


DIAGRAMA 8.2 - PLANIMETRÍA - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE RINOT (FREÓN)







---

## **5. 2 - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE COMPRESIÓN SIMPLE CON ECONOMIZADOR DE $\text{NH}_3$**

---



## **5.2 - INSTALACIÓN 2 - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE NH<sub>3</sub> DE COMPRESIÓN SIMPLE CON ECONOMIZADOR Y DOS NIVELES DE TEMPERATURA**

En el diagrama 5.3 se muestra el esquema de principio de la Instalación 2 y en el diagrama 5.4 se muestra la planimetría de esta planta, donde se puede ver la ubicación de los recintos frigoríficos de las cámaras de congelados y la antecámara, así como el resto de recintos y salas que lo constituyen.

### **5.2.1 - BASES Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

La instalación frigorífica la forman dos cámaras para la conservación de los productos congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  y una antecámara a  $0^{\circ}\text{C}$ . La cámara 1 de dimensiones  $14,5 \times 28,0 \times 9,7$  m tiene un volumen de  $3.938 \text{ m}^3$  y la cámara 2 de dimensiones  $14,5 \times 22,4 \times 9,7$  m tiene un volumen de  $3.150 \text{ m}^3$ . La carga se hace utilizando palets europeos de  $1,2 \times 0,8$  m, a diferencia de la Instalación 1 que lo hace con palets americanos.

Ambas cámaras se diseñaron de forma que pudieran almacenar cualquier tipo de productos o el mismo producto siempre en régimen de congelación, aunque en condiciones normales de operación la cámara 1 se utiliza para pescado y la 2 para carne. El almacén fue diseñado pensando en una rotación de producto en cámaras que puede variar entre 8 y 10 días, teniendo en cuenta que todos los días se carga producto nuevo. La antecámara de la Instalación 2 tiene la misma función que en la Instalación 1, es decir, que la mercancía desde su descarga hasta la entrada en las cámaras se caliente lo mínimo posible. Dependiendo del tipo de producto, tipo de embalaje, tipo y forma de estocaje en cada cámara y de la existencia o no de pasillos laterales perpendiculares al pasillo central de las cámaras para acceso y salida de la mercancía, en la cámara 1 la capacidad de almacenamiento puede variar entre 500 Tm y 630 Tm y en la cámara 2 entre 400 Tm y 500 Tm.

Como la temperatura de bulbo húmedo donde está ubicada la planta es de  $24^{\circ}\text{C}$  y se utiliza un condensador evaporativo, la temperatura de condensación, tomando un  $\Delta T$  de  $11^{\circ}\text{C}$ , es de  $35^{\circ}\text{C}$ . Teniendo en cuenta las temperaturas de las cámaras de congelados y de la antecámara, las temperaturas de evaporación para las cámaras de conservación de congelados 1 y 2 son  $-30^{\circ}\text{C}$ , considerando un  $\Delta T$  de  $10^{\circ}\text{C}$ , y para la antecámara  $-16^{\circ}\text{C}$ , considerando un  $\Delta T$  de  $16^{\circ}\text{C}$ .

En la tabla 5.4 se indican los valores de volumen, cargas frigoríficas (cargas térmicas), temperaturas de las cámaras y temperaturas de evaporación consideradas. Para el cálculo de la carga térmica de las cámaras de conservación de congelados en el período de carga se ha considerado el mismo procedimiento que la instalación 1.

En este caso, que la carga viene también congelada, la diferencia de temperatura entre la descarga del contenedor frigorífico y la temperatura de la carga una vez dentro de la cámara, para diseño, se consideró entre  $6^{\circ}\text{C}$  y  $8^{\circ}\text{C}$ .



Tabla 5.4 - Parámetros característicos de la instalación

	Volumen m <sup>3</sup>	Temperatura Cámara °C	Carga Térmica Kw	Temperatura de evaporación del refrigerante °C
Cámara de congelados 1	3.938	-20	50	-30
Cámara de congelados 2	3.150	-20	42	-30
Antecámara	736	0	28	-16

### 5.2.2 - DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA INSTALACION FRIGORÍFICA

La instalación frigorífica consta de los equipos siguientes:

#### a) Unidad compresora

La unidad compresora de tornillo se ha dimensionado, como en la Instalación 1, en base a las cargas térmicas de todo el sistema y el ciclo frigorífico elegido. Consta de dos compresores BITZER, con enfriador de aceite, y tiene las siguientes características unitarias:

Modelo ..... OSNA 7452 K  
 Número de unidades ..... 2  
 Refrigerante ..... NH<sub>3</sub>  
 Capacidad frigorífica 50Hz ..... 58,40 KW  
 T<sup>a</sup> de condensación de diseño (subenfriamiento 0K) ..... +35°C  
 T<sup>a</sup> de evaporación (recalentamiento 1K) ..... -30°C  
 Potencia absorbida ..... 33,20 KW  
 Velocidad del compresor ..... 2.900 rpm  
 COP ..... 1,76  
 Enfriador de aceite ..... termosifón  
 Economizador ..... SI

#### b) Condensador evaporativo

Al igual que en la Instalación 1, este equipo tiene como misión condensar todo el vapor que sale de los compresores y para ello necesita disipar las cargas térmicas de los evaporadores, la potencia absorbida por el compresor y la potencia necesaria para enfriar el aceite de lubricación que sale del condensador junto con el NH<sub>3</sub>. El condensador evaporativo marca TEVA., está representado en la figura 5.4a.

Su descripción y funcionamiento puede verse en el Anexo. A.10.2.

Las características técnicas unitarias son las que se indican a continuación:

Modelo .....	CMA 060
Unidades.....	1
Capacidad frigorífica a disipar .....	214,90 KW
Tª de condensación .....	+35° C
Tª húmeda .....	+24° C
Caudal de aire.. .....	7,64 m <sup>3</sup> /s.

### **c) Un recipiente de líquido**

Este recipiente, al igual que en la Instalación 1, recibe el líquido proveniente del condensador y actúa como pulmón de carga de todo el circuito frigorífico, para alimentar a los evaporadores. En este caso, con el fin de asegurar la alimentación al circuito se diseñó considerando un tiempo de residencia de 10 minutos. Con el fin de asegurar la existencia de líquido en el recipiente se le acoplaron controladores de nivel de alta y de baja, así como un visor que permite ver externamente el nivel real del líquido en el interior. Dado que su misión es solo de pulmón del circuito, es de tipo horizontal.

### **d) Un economizador (-16°C)**

El economizador es un separador líquido-vapor vertical de carcasa cilíndrica que es alimentado con el fluido que sale del condensador, previo paso por una válvula de expansión termostática cuyas condiciones de salida vienen dadas por el fabricante del compresor. El vapor formado alimenta al compresor en un punto intermedio. El líquido producido en la válvula entra al economizador, donde se considera un tiempo de residencia de 5 minutos para asegurar la alimentación a los evaporadores del circuito.

### **e) Un separador de aspiración -30°C**

El recipiente de separación líquido-vapor, ubicado en la aspiración al compresor, tiene como objetivo separar el vapor producido en la válvula de expansión termostática (VET) del fondo del economizador, que alimenta a dicho separador, junto al vapor de la salida de los evaporadores, del líquido formado en dicha válvula de expansión termostática (VET). Para el líquido en el recipiente se considera un tiempo de residencia de 5 minutos. De esta manera se consigue que el refrigerante que llega al compresor esté totalmente en fase vapor. Su construcción se hizo de tipo horizontal.

**f) Grupos de bombeo a -16°C y a -30°C**

Los grupos de bombeo están representados en la figura 5.4b. El grupo de bombeo a -16°C está formado por dos bombas, una de ellas de reserva, para la recirculación de NH<sub>3</sub> líquido entre el economizador y la antecámara y el grupo de bombeo a -30°C está formado por dos bombas, una de ellas de reserva, para la recirculación de NH<sub>3</sub> líquido entre el separador de aspiración y las cámaras de congelados, siendo todas de la marca WITT.

**g) Evaporadores**

Todos los evaporadores de esta planta son de tipo inundado, siendo evaporadores cúbicos para las cámaras de congelados y de plafón para la antecámara, con batería en acero inoxidable, todos de la marca GÜNTNER.

Las características de los evaporadores se muestran en la tabla 5.5

**Tabla 5.5 - Características de los evaporadores de la Instalación 2**

	<b>Cámaras de congelados 1</b>	<b>Cámaras de congelados 2</b>	<b>Antecámara</b>
Tª. de cámara °C	-20	-20	±0
Tipo de evaporador °C	cúbico	cúbico	plafón
Nº evaporadores /cámara	2	2	1
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	26	26	28
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	132,9	132,9	46,2
Desescarche	gas caliente	gas caliente	gas caliente
Corriente	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> /h	21.910	21.910	11.300

**h) Cuadro eléctrico**

El cuadro eléctrico lleva incluidos los mismos elementos que el de la Instalación 1, estando representado en la figura 5.4c, construido en chapa metálica, terminado en pintura epoxi y situado en la sala de máquinas. Está equipado para el control del funcionamiento del total de la instalación frigorífica, es decir, circuitos de compresión, condensación, bombas de amoníaco, etc. Incluye un autómata programable para el control automático de la instalación, incluida pantalla y programación. La ejecución de la maniobra se realiza a través de un PLC Premium que incorpora una pantalla táctil, donde se reflejan los parámetros de funcionamiento.

**Figura 5.4a - Condensador evaporativo****Figura 5.4b - Grupo de bombeo****Figura 5.4c - Cuadro eléctrico**

### **5.2.3 - FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN 2**

Los gases de descarga de los compresores se condensan en un condensador evaporativo, cuya salida entra en un recipiente acumulador de líquido de alta presión. Desde este recipiente se alimenta a la vez a los enfriadores de aceite de los compresores por efecto termosifón y al economizador a través de una válvula de expansión termostática, cuya salida debe de mantener la presión y por tanto la temperatura fijada ( $-16^{\circ}\text{C}$ ) por el fabricante del compresor. Así se consigue una mezcla líquido-vapor cuyo vapor sale del economizador y se introduce en un punto intermedio del compresor mezclándose con el vapor interno del mismo, con lo que se logra una temperatura de descarga menor. El líquido del economizador sale por el fondo y parte alimenta al separador de aspiración del compresor después de pasar

por una válvula de expansión termostática (VET) hasta alcanzar  $-30^{\circ}\text{C}$ , temperatura de los evaporadores de las cámaras, por lo que se forma una mezcla líquido-vapor. El líquido sale por el fondo del recipiente y es bombeado a los evaporadores. La salida de los mismos, ya en fase vapor, retorna al recipiente separador de aspiración. La otra parte del líquido del fondo del economizador es bombeado al evaporador de la antecámara, después de atravesar una válvula de expansión termostática (VET) que controla la alimentación al evaporador de la antecámara a  $-16^{\circ}\text{C}$ . A la salida del mismo, mediante una válvula de expansión presostática (VEP) se consigue que iguale la presión de salida del evaporador de la antecámara con la presión de salida de los evaporadores de las cámaras y entra el fluido así formado al recipiente separador. Así pues, el vapor de los evaporadores junto con el vapor producido a la salida de la válvula de expansión termostática (VET), ubicada a la entrada del separador de aspiración del compresor, entran en los compresores repitiéndose el ciclo.

#### **5.2.4 - RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE OPERACIÓN - INSTALACIÓN 2**

Las pruebas de operación se realizaron con los dos tipos de alimentos con los que trabaja esta instalación en condiciones normales de operación, pescado en la cámara 1 y carne en la cámara 2, los cuales llegan congelados en furgones frigoríficos a una temperatura que puede variar entre  $-17^{\circ}\text{C}$  y  $-19^{\circ}\text{C}$ . Se compararon los valores obtenidos en condiciones de operación normal con los valores utilizados para diseño, con las cargas mínimas y máximas de cada una de las cámaras, teniendo en cuenta una rotación de 6 días y 8 días. Se considera carga mínima en el caso de que existan pasillos laterales en las cámaras y máxima cuando no existen estos pasillos y solo existe el pasillo central. Con estas consideraciones la carga de la cámara 1 puede variar entre 500 y 630 Tm y la de la cámara 2 entre 400 y 500 Tm. Los resultados que se obtuvieron fueron los que se indican en las tablas 5.6a y 5.6b, teniendo en cuenta que las cargas diarias varían con el número de días de cada rotación y con la capacidad frigorífica de cada evaporador siendo 26 Kw en la cámara 1 e igual en la cámara 2, valor dado por el fabricante y que se corresponde con las instalaciones en funcionamiento, mientras que el valor de diseño calculado para seleccionar los evaporadores de las cámaras fue de 25 Kw para la cámara 1 y 21 Kw para la cámara 2.

**Tabla 5.6a - Resultado de las pruebas de operación - Instalación 2, cámara 1**

<b>Resultados en operación cámara 1</b>							
		Rotación cada 8 días			Rotación cada 6 días		
			Temperatura consigna -20°C			Temperatura consigna -20°C	
Especie	Capacidad Cámara Tm	Carga Cámara Tm/día	Horas de operación en carga	Horas de operación en conservac.	Carga Cámara Tm/día	Horas de operación en carga	Horas de operación en conservac.
Carne	500	62,5	14,8	11	83,3	16,9	11
Carne	630	78,7	15,9	11	105	18,5	11
<b>Resultados en diseño cámara 1</b>							
Carne	500	62,5	15,5	11	83,3	17,6	11
Carne	630	78,7	16,6	11	105	19,3	11

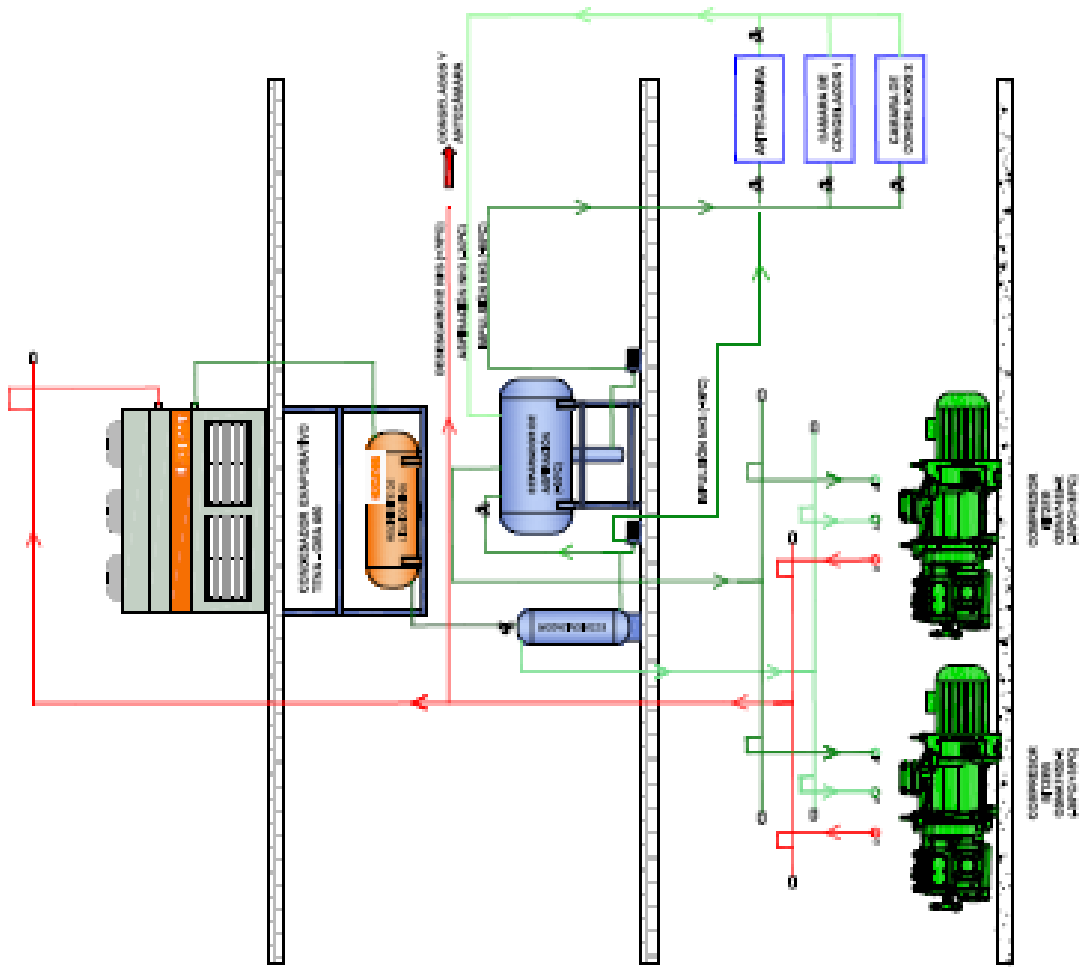
**Tabla 5.6b - Resultado de las pruebas de operación - Instalación 2, cámara 2**

<b>Resultados en operación cámara 2</b>							
		Rotación cada 8 días			Rotación cada 6 días		
			Temperatura consigna -20°C			Temperatura consigna -20°C	
Especie	Capacidad Cámara Tm	Carga Cámara Tm/día	Horas de operación en carga	Horas de operación en conservac.	Carga Cámara Tm/día	Horas de operación en carga	Horas de operación en conservac.
Pescado	400	50	12,3	9	66,6	13,4	9
Pescado	500	62	13,1	9	83,7	14,5	9
<b>Resultados en diseño cámara 2</b>							
Pescado	400	50	14,8	11	66,6	16,2	11
Pescado	500	62	15,7	11	83,7	17,4	11

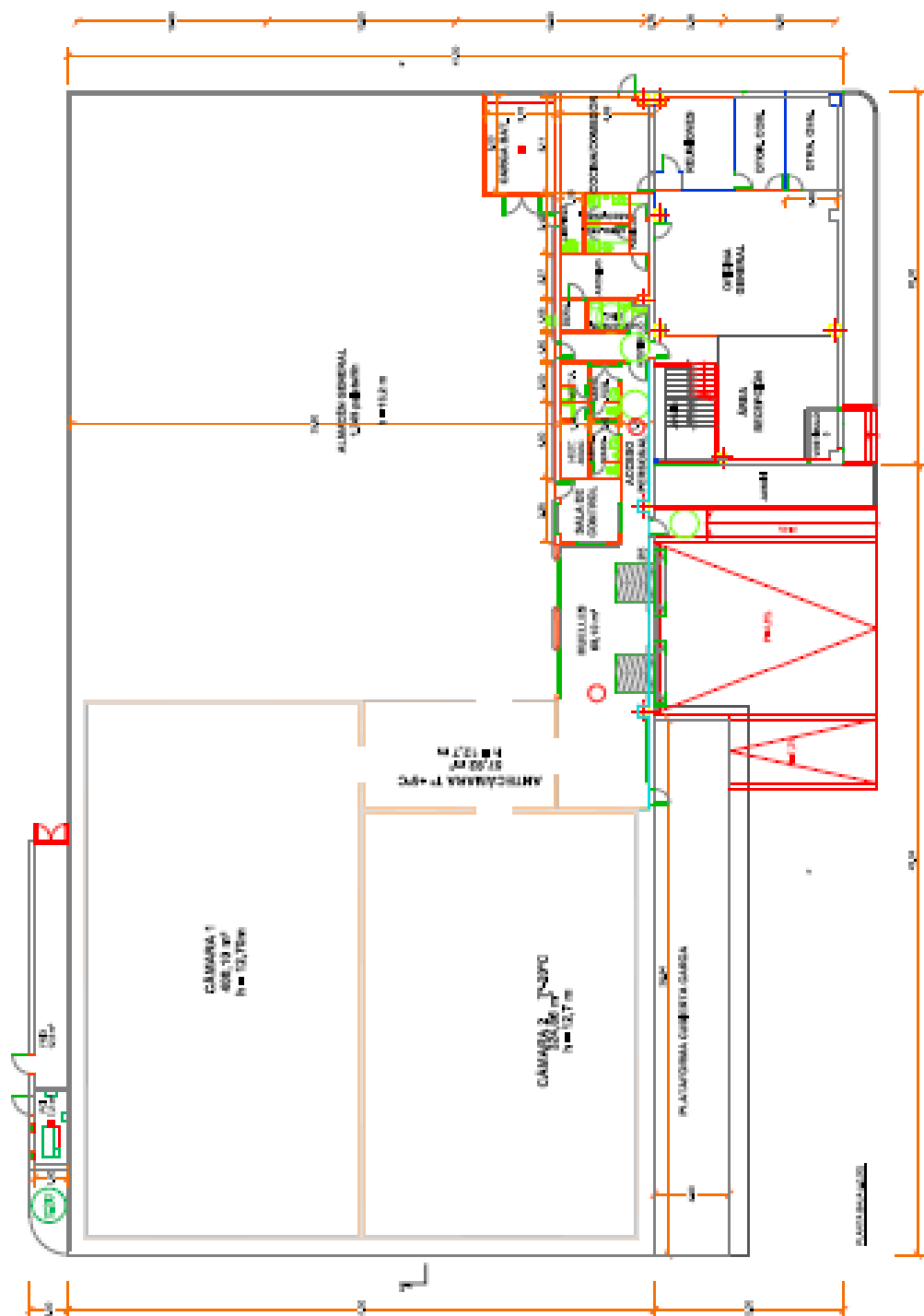
La tabla 5.4 muestra que la cámara 1 tiene una carga de térmica de diseño calculada mediante un balance térmico para la elección del evaporador de 50 Kw, como se han colocado dos correspondería 25 Kw por equipo, mientras que el evaporador seleccionado tiene 26 Kw. En la tabla 5.6a se puede ver que los resultados de las horas de funcionamiento en carga y en conservación de diseño se corresponden a los obtenidos en la instalación en funcionamiento, lo que indica que la instalación, para la misma temperatura de consigna de -20°C, funciona correctamente.

Del mismo modo la tabla 5.4 muestra que la carga térmica de diseño calculada para la cámara 2 es de 42 Kw y como se han colocado dos equipos a cada uno le corresponden 21 Kw. El evaporador seleccionado fue el mismo que para la cámara 1 de 26Kw, pues el modelo anterior era menor de 21Kw. Esto significa un sobredimensionamiento de un 24% que se corresponde con las diferencia que hay entre el tiempo de funcionamiento en carga y en conservación obtenidos con los valores de diseño y los de operación, como se puede ver en la tabla 5.6b, por lo que los resultados de la cámara 2 se consideran correctos para alcanzar la temperatura de consigna de -20°C.

DIAGRAMA 5.3 - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE NH3



**DIAGRAMA 5.4 - PLANIMETRIA - INSTALACION FRIGORIFICA DE AMONIACO**









### 5.3 - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA, EN CASCADA $\text{NH}_3\text{-CO}_2$



### **5.3 - INSTALACIÓN 3 - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA DE COMPRESIÓN CIRCUITO EN CASCADA NH3-CO2**

Este sistema es ideal cuando se tienen altas relaciones de compresión como ocurre si hay túneles de congelación, como es el caso, teniendo que evaporar a  $-40^{\circ}\text{C}$ , y además si hay diferentes niveles de temperatura como ocurre en la Instalación 3.

En el diagrama 5.5 se muestra el esquema de principio de la Instalación 3, donde se representan los equipos y elementos relativos a dicha instalación. En el diagrama 5.6 se representa la planimetría de la planta, donde se ven los recintos de la instalación frigorífica, es decir, túneles, cámara de congelados, salas de trabajo, expedición, recepción, pasillos y el resto de servicios distribuidos en dos plantas.

#### **5.3.1 - BASES Y CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

La instalación almacena pescado congelado, productos vegetales congelados envasados al vacío y productos cárnicos refrigerados y congelados.

La instalación consta de dos túneles de congelación, para carne o pescado, a  $-35^{\circ}\text{C}$  de 15 Tm/d y de 30 Tm/d, una cámara de congelados, para pescado o carne, a  $-20^{\circ}\text{C}$  con una capacidad entre 1.000 Tm y 1.200 Tm dependiendo del tipo de producto y 4 alturas de palets, una cámara de fresco para la carne o la fruta refrigerada a  $+2^{\circ}\text{C}$  con capacidad entre 50Tm y 60 Tm, una cámara pulmón de carne fresca a despiece a  $+2^{\circ}\text{C}$  con una capacidad entre 30 y 40 Tm, una cámara de pescado fresco a  $+2^{\circ}\text{C}$  en espera para ser congelado con una capacidad entre 40 Tm y 45 Tm dependiendo del tipo de pescado y una cámara de vegetales y carne fresca a  $+2^{\circ}\text{C}$  en espera para ser congelado con una capacidad entre 40 Tm y 45 Tm. Adicionalmente, la instalación consta de la sala de despiece de carne fresca y todos los recintos de paletización, envasado y pasillos tal como se muestran en la tabla 5.7.

En esta instalación, la temperatura de bulbo húmedo es de  $+25^{\circ}\text{C}$  utilizándose también, como en las Instalaciones 1 y 2, un condensador evaporativo por lo que la temperatura de condensación, tomando un  $\Delta T$  de  $12^{\circ}\text{C}$ , es de  $+37^{\circ}\text{C}$ . La temperatura de evaporación para los túneles de congelación es de  $-40^{\circ}\text{C}$ , considerando un  $\Delta T$  de  $5^{\circ}\text{C}$  y para la cámara de congelación  $-28^{\circ}\text{C}$ , considerando un  $\Delta T$  de  $8^{\circ}\text{C}$ .

Tabla 5.7 - Característicos de los recintos

Recinto	Temp. Interior	Dimensiones (m)			Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
		Largo	Ancho	Altura		
Túnel 15 tn	-35°C	11,74	4,86	3,5	57,06	203,23
Túnel 30 tn	-35°C	18,2	6,58	3,5	119,76	362,67
Cámara congelados	-20°C	24,19	26,5	8	641,04	5062,5
Carne fresca o fruta para su venta	+2°C	19,99	7,08	4	141,53	566,12
Carga de carne para despiece		18,36	5,78	4	106,12	424,48
Pescado en espera. antes de congelar 1		8,6	7,5	4	64,5	258
Vegetales y carne en espera. antes de cong		8,6	7,5	4	64,5	258
Expedición	+8°C	18,25	3,06	5,5	55,85	310,51
Muelle recepción	+8°C	6,83	3,79	4	25,89	103,54
Expedición congelados	+8°C	5,41	3,06	5,5	16,55	91,05
Pasillo congelados	+8°C	23,86	4	4	95,44	381,76
Pasillo pedidos	+8°C	23,35	4	4	93,4	373,6
Pasillo pedidos servicio 1	+8°C	22,59	2,1	4	47,44	189,76
Pasillo pedidos servicio 2	+8°C	14,39	2,1	4	30,22	120,88
Envasado	+8°C	22,48	15,71	4	353,16	1412,64
Paletizado 1	+8°C	21,74	6,86	3,5	149,14	521,98
Paletizado 2	+8°C	15,85	5,37	3,5	85,11	297,9
Pedidos	+8°C	23,78	18,08	4	429,94	1719,77
Sala despiece	+8°C	29,04	10,29	4	298,82	1195,29

En la tabla 5.7 se muestran las características de los recintos de la instalación indicándose, temperaturas internas, dimensiones, superficie y volumen. En la tabla 5.8 se indican los valores cargas frigoríficas (cargas térmicas), temperaturas de las cámaras y temperaturas de evaporación consideradas. Para el cálculo de las cargas térmicas en las cámaras se sigue la misma filosofía que en las Instalaciones 1 y 2, aunque hay alguna diferencia en los túneles de congelación tal como se puede observar a continuación. Para el cálculo de la carga térmica de los túneles de congelación en el período de carga se ha considerado la ganancia de calor por transmisión a través de paredes, techo y suelo; las ganancias de calor por servicios (apertura de puertas, alumbrado y el calor producido por el personal); las ganancias de calor producida por motores eléctricos y ventiladores del evaporador y las ganancias de calor debidas al calor sensible de la carga antes de su congelación, al calor latente de la carga debido a la congelación y al calor sensible de la carga después de su congelación.

**Tabla 5.8 - Cargas térmicas del sistema**

SERVICIO	Recinto	Temp. Interior	Cargas térmicas (kW)			
			-40°C	-28°C	Glicol	Glicol
Túnel 15 tn/día	Túnel -40°C	-35°C	151,2			
Túnel 30 tn/día	Túnel -40°C		300,6			
Baja	Cámara congelados	-20°C		94,9		
Media	Carne fresca o fruta para su venta	+2°C			34	
	Carga de carne para despiece				28	
	Pescado en espera. antes de congelar 1				20	
	Vegetales y carne. antes de congelar 2				20	
Alta	Expedición	+8°C				17,3
	Muelle recepción					7,6
	Expedición congelación					6,8
	Pasillo congelados					13,1
	Pasillo pedidos					12,8
	Pasillo servicio 1					8,9
	Pasillo servicio 2					6
	Envasado					37,7
	Paletizado 1					16,1
	Paletizado 2					10,3
	Pedidos					44,6
	Sala despiece					26,5
			<b>451,9</b>	<b>94,9</b>	<b>102</b>	<b>207,7</b>

### 5.3.2 - DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE LA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA

A continuación se hace una descripción de los equipos de los circuitos de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  y Glicol

#### a) Circuito de amoniaco

El Circuito de  $\text{NH}_3$  consta de los siguientes elementos y equipos:

##### a.1) Central frigorífica del circuito de -12°C

La unidad compresora de tornillo se ha dimensionado en base al total de las cargas térmicas de los recintos siguientes: dos túneles, cámara de congelados, servicio de media y de alta que se corresponden con la tabla 5.8. La central frigorífica del  $\text{NH}_3$  está formada por tres unidades compresoras de tornillo marca BITZER, con enfriador de aceite y enfriadores de placas incorporados para la condensación de  $\text{CO}_2$  con las características que se indican a continuación.

Modelo .....	OSKA-8581
Refrigerante .....	NH <sub>3</sub>
Capacidad frigorífica (50 Hz).....	291,0 kw/unidad
Tª de condensación .....	+37°C
Tª de evaporación.....	-12° C
Potencia absorbida .....	88 kw/unidad
Velocidad del compresor .....	2.950 rpm
COP .....	3,3
Enfriador de aceite .....	termosifón

La unidad moto compresora se puede ver en la figura 5.5,

#### **a.2) Condensador evaporativo**

Este equipo tiene como misión condensar todo el vapor que sale del compresor y para ello necesita disipar las cargas térmicas de los evaporadores de CO<sub>2</sub> y los evaporadores del circuito de glicol, la potencia absorbida por el compresor de NH<sub>3</sub> y la potencia necesaria para enfriar el aceite de lubricación que sale del condensador junto con el NH<sub>3</sub>. El condensador evaporativo de la marca TEVA, representado en la figura 5.6, es el utilizado en esta instalación. Su descripción y funcionamiento pueden verse en el Anexo.A.10.2.

Las características técnicas unitarias son las siguientes:

Modelo .....	CMA
Capacidad frigorífica a disipar .....	1.450,00 kw
Tª de condensación .....	+37° C
Tª húmeda .....	+25° C
Caudal de aire .....	41,4 m <sup>3</sup> /s.

#### **a.3) Un recipiente receptor de líquido de alta**

Este recipiente hace de pulmón de carga de NH<sub>3</sub> en el sistema de alta presión al recibir el líquido proveniente del condensador. Se ha diseñado para un tiempo de residencia de unos 8 minutos, con el fin de tener segura la alimentación al circuito en caso de alguna anomalía. Tiene unos controladores de nivel de alta y de baja, así como un visor que permite ver externamente el nivel real del líquido en el interior. Este recipiente al ser el receptor del refrigerante condensado en el sistema es de tipo horizontal.

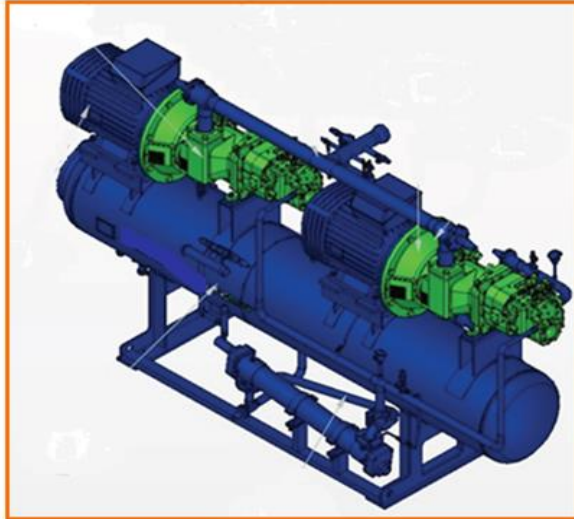
#### **a.4) Un recipiente separador de partículas -12°C**

Este recipiente tiene como misión bajar la temperatura del refrigerante condensado a -12°C mediante una válvula de expansión termostática (VET). El vapor alimenta al compresor de NH<sub>3</sub> y el líquido se distribuye en dos corrientes una que va al intercambiador de placas para condensar el CO<sub>2</sub> y la otra al intercambiador de



placas que enfría el glicol. Se diseñó para un tiempo de residencia de líquido de 5 minutos, de dimensiones 1.200 x 3.500 mm. El diseño se hizo teniendo en cuenta el paso del refrigerante en estado gaseoso proveniente de los intercambiadores de placas y de la válvula de expansión termostática (VET) a la salida del recipiente receptor de líquido de alta. De construcción horizontal, diseñado para una potencia de 1.000 kw.

**Figura 5.5 - Unidad motocompresora**



**Figura 5.6 - Condensador evaporativo**



**Figura 5.7 - Recipiente acumulador de líquido**



**Figura 5.8 - Recipientes separador y distribuidor de NH<sub>3</sub>**



## **b) Circuito CO<sub>2</sub>**

### **b1) Central frigorífica de CO<sub>2</sub>**

La central frigorífica de CO<sub>2</sub> está formada por seis compresores alternativos BITZER, de los cuales cinco dan servicio a los dos túneles y uno da servicio a la cámara de congelados.

#### **b.1.1) Servicio a túneles**

Los compresores que dan servicio a los túneles tienen las características siguientes:

Modelo .....	4NSL-30K
número de unidades .....	5
Refrigerante .....	CO <sub>2</sub>
Capacidad frigorífica .....	91,0 KW/unit
Tª de condensación .....	-8°C
Tª de evaporación .....	-40° C
Potencia absorbida .....	22,4 kw
Velocidad del compresor .....	2.950 rpm
COP .....	4,0
Enfriador de aceite .....	termosifón

#### **b.1.2) Servicio a la cámara de congelados**

El compresor que da servicio a la cámara de congelados tiene las características siguientes:

Modelo .....	4PSL-25K
número de unidades .....	1
Refrigerante .....	CO <sub>2</sub>
Capacidad frigorífica (50 Hz) .....	104,6 kw
Tª de condensación .....	-8°C
Tª de evaporación .....	-28° C
Potencia absorbida .....	14.73 kw
Velocidad del compresor .....	2.950 rpm
COP .....	6,89
Enfriador de aceite .....	termosifón

### **b2) Sistema de condensación de CO<sub>2</sub> para baja temperatura y túneles**

El NH<sub>3</sub> en estado líquido procedente del recipiente separador y distribuidor alimenta por gravedad a un intercambiador de placas y condensa al CO<sub>2</sub> proveniente de la descarga de los compresores que circula por el otro lado en contracorriente en un intercambiador de placas tipo Vatherus.

**Figura 5.9 - Sistema de condensación del CO<sub>2</sub> (intercambiador de placas)**

**b3) Evaporadores y valvulería CO<sub>2</sub> por expansión directa para túneles y baja temperatura (cámara de congelados) y túneles**

Situados en la cámara de baja temperatura y túneles, son de tipo cúbico, de la marca FRIMETAL y constan de una batería de acero inoxidable, una carrocería de chapa metálica pintada, que incorpora una bandeja de goteo, plastificada con amplio desagüe. Las características de estos evaporadores se muestran en la tabla 5.9

**Tabla 5.9 - Características evaporadores de CO<sub>2</sub>**

	<b>Túnel de congelación 1</b>	<b>Túnel de congelación 2</b>	<b>Cámara de congelados</b>
Tª. de cámara °C	-35	-35	-20
Tª de evaporación °C	-40	-40	-28
Tipo de evaporador °C	mural	mural	cúbico
Nº evaporadores /cámara	1	1	3
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	156	305	32
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	610	1.120	215
Desescarche	gas caliente	gas caliente	gas caliente
Corriente	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ;50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> / h	90.000	117.700	35.000

### c) Circuito de glicol

El circuito de glicol está formado por los siguientes equipos:

#### c.1) Sistema de enfriamiento de glicol

El  $\text{NH}_3$  líquido procedente del recipiente distribuidor, que es el recipiente de aspiración a  $-12^\circ\text{C}$ , por gravedad entra en un intercambiador de placas, en acero inoxidable, de donde sale como vapor y enfría al glicol caliente que entra al intercambiador de placas a  $-3^\circ\text{C}$  y sale a  $-8^\circ\text{C}$ . El intercambiador de placas se diseñó para una potencia de intercambio térmico de 309,7 kw.

#### c.2) Un depósito de inercia de glicol

Depósito cilíndrico para la obtención de glicol a  $-3^\circ\text{C}$  con una capacidad de 2.000 l en acero AISI-304, 8 bar de presión máxima.

#### c.3) Grupo de bombeo de glicol

El grupo de bombeo de glicol consta de dos bombas una de reserva que se utilizan para la recirculación de glicol por las baterías de los evaporadores. Lleva acoplado un vaso de expansión de tipo membrana soldado. Son de la marca Grundfos .

**Figura 5.10 - Grupo de bombeo de glicol**



#### c.4) Evaporadores para cámaras y recintos de media y alta temperatura y valvulería glicol

Situados en las cámaras o recintos de media y alta temperatura, son cúbicos o plafón según las necesidades del recinto, tal como se indica a continuación en cada uno de ellos, de la marca FRIMETAL y constan de una batería de cobre, una carrocería de chapa metálica pintada, que incorpora una bandeja de goteo, plastificada con amplio desagüe. Las características de estos evaporadores son las indicadas en la tabla 5.10.

**Tabla 5.10 - Evaporadores para cámaras y recintos de media y alta temperatura**

	<b>Carne fresca o fruta para su venta</b>	<b>Carga de carne para despiece</b>	<b>Vegetales y carne en espera antes de congelar 2</b>
Tª. de cámara °C	2	2	2
Tª de evaporación °C	-8	-8	-8
Tipo de evaporador °C	plafón	cúbico	cúbico
Nº evaporadores /cámara	3	2	1
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	11,9	15	21
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	64,2	91	68
Desescarche	gas caliente	gas caliente	gas caliente
Corriente	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> / h	8.550	12.520	13.500

	<b>Pescado en espera antes de congelar 1</b>	<b>Expedición</b>	<b>Muelle recepción</b>
Tª. de cámara °C	2	8	8
Tª de evaporación °C	-8	-8	-8
Tipo de evaporador °C	cúbico	plafón	plafón
Nº evaporadores /cámara	1	2	1
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	21	10	7,9
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	68	34,6	23,1
Desescarche	Gas caliente	Gas caliente	eléctrico
Corriente	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> / h	13.500	4.030	4.370

	<b>Expedición congelados</b>	<b>Pasillo congelados</b>	<b>Pasillo servicio 1</b>
Tª. de cámara °C	8	8	8
Tª de evaporación °C	-8	-8	-8
Tipo de evaporador °C	plafón	plafón	plafón
Nº evaporadores /cámara	1	1	1
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	6,8	14,07	14
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	22,4	42,8	42,8
Desescarche	eléctrico	eléctrico	eléctrico
Corriente	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> / h	2.620	5.700	5.700

	<b>Pasillo servicio 1</b>	<b>Pasillo servicio 2</b>	<b>Envasado</b>
Tª. de cámara °C	8	8	8
Tª de evaporación °C	-8	-8	-8
Tipo de evaporador °C	plafón	plafón	plafón
Nº evaporadores /cámara	1	1	4
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	10,3	6,6	10,39
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	34,6	22,4	34,6
Desescarche	eléctrico	eléctrico	gas caliente
Corriente	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> / h	4.030	2.260	4.030

	<b>Paletizado 1</b>	<b>Paletizado 2</b>	<b>Pedidos</b>
Tª. de cámara °C	8	8	8
Tª de evaporación °C	-8	-8	-8
Tipo de evaporador °C	plafón	plafón	plafón
Nº evaporadores /cámara	2	1	3
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	8,03	10,56	14,52
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	23,1	34,6	42,8
Desescarche	eléctrico	eléctrico	gas caliente
Corriente	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz	400V/3 ; 50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> / h	4.370	4.030	5.700

	<b>Sala despiece</b>
Tª. de cámara °C	8
Tª de evaporación °C	-8
Tipo de evaporador °C	plafón
Nº evaporadores /cámara	2
Capacidad Frigorífica unitaria Kw	14,11
Superficie intercambio unitaria m <sup>2</sup>	42,8
Desescarche	gas caliente
Corriente	400V/3 ; 50Hz
Caudal aire evaporador m <sup>3</sup> / h	5.700

### c.5) Cuadro Eléctrico

El cuadro eléctrico, que se muestra en la figura 5.11, está construido en chapa metálica, terminado en pintura epoxi y situado en la sala de máquinas. Equipado con los diferentes elementos para el control de funcionamiento del total de la instalación frigorífica. El control se realiza mediante control electrónico por microprocesadores Eliwell. Lleva un sistema de supervisión en el que se reflejan los parámetros de funcionamiento, estado de los mismos y cualquier evento que se produzca, tales como alarmas y sinóptico de la instalación. El cuadro principal incorpora interruptor automático magnetotérmico general, contactor auxiliar y microcontroladores de las centrales.

**Figura 5.11 - Cuadro eléctrico**





### 5.3.3 - FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN 3

La instalación frigorífica 3 está formada por tres circuitos: uno de  $\text{NH}_3$ , otro de  $\text{CO}_2$  y un tercero de glicol.

El circuito primario de  $\text{NH}_3$  una vez es condensado, en un condensador evaporativo y ya en estado líquido es recogido en el recipiente receptor de líquido de alta, el cual actúa como pulmón y alimenta a su vez al enfriador del aceite de los compresores, por medio de un sistema a termosifón, y al separador - líquido/vapor - de fases de  $\text{NH}_3$  y distribuidor de  $\text{NH}_3$  a  $-12^\circ\text{C}$ , a través de una válvula de expansión termostática. El separador-distribuidor inundará de  $\text{NH}_3$  dos intercambiadores de placas, uno para el enfriamiento del agua glicolada y otro para la condensación del  $\text{CO}_2$ .

El circuito secundario de  $\text{CO}_2$  una vez condensado en uno de los intercambiadores de placas a  $-8^\circ\text{C}$ , mediante el  $\text{NH}_3$  que sale de recipiente distribuidor a  $-12^\circ\text{C}$ , se utiliza para dar servicio a los túneles de congelación a  $-35^\circ\text{C}$ , evaporando a  $-40^\circ\text{C}$ , después de atravesar una válvula de expansión termostática para conseguir dicha temperatura y a la cámara de congelados a  $-20^\circ\text{C}$ , evaporando a  $-28^\circ\text{C}$ , después de atravesar otra válvula de expansión termostática para conseguir dicha temperatura.

El circuito secundario de glicol a  $-3^\circ\text{C}$  que sale de las salas de trabajo, pasillos, expedición y cámaras de temperatura positiva es enfriado a  $-8^\circ\text{C}$ , en el otro intercambiador de placas inundado por gravedad con  $\text{NH}_3$  líquido a una temperatura de  $-12^\circ\text{C}$ , circulando por el otro lado del intercambiador de placas. El glicol una vez enfriado a  $-8^\circ\text{C}$  es enviado a la sala de trabajo y cámaras positivas en donde se calienta a  $-3^\circ\text{C}$ , retornando al recipiente tampón de glicol situado en la sala de máquinas para repetir el ciclo de enfriamiento.

El  $\text{NH}_3$  una vez que ha cedido su calor latente de vaporización al glicol y al  $\text{CO}_2$  en los dos intercambiadores de placas, ya en fase vapor, vuelve al separador de fases (distribuidor) de  $\text{NH}_3$  que junto al vapor formado después de la válvula de expansión termostática colocada a la salida del recipiente de líquido de  $\text{NH}_3$  alimenta a los compresores de  $\text{NH}_3$  cuya descarga entra en el condensador evaporativo para volver a repetir el ciclo.

### 5.3.4 - RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE OPERACIÓN - INSTALACIÓN 3

Las pruebas de funcionamiento se realizaron con carne y pescado. Se consideró que si la operación era correcta con estos dos productos, con vegetales la instalación debería de ir sobrada, en los casos que fuera el producto a tratar. Todos los productos llegan a la planta en furgones refrigerados entre  $0^\circ\text{C}$  y  $+2^\circ\text{C}$ . Igual que en los casos de la Instalación 1 y 2 se compararon los valores obtenidos en condiciones de operación normal con los valores utilizados para diseño. Las cargas que se consideraron en las pruebas fueron 15 T/d para el túnel de congelación 1 y 30 T/d para el túnel de congelación 2, 1.200 Tm de pescado de capacidad para la cámara de congelados, 60 Tm de capacidad para la cámara de carne fresca para venta, 40 Tm de capacidad para la cámara de carga de carne para despiece, 40 Tm



de capacidad para la cámara de pescado antes de ser congelado 1 y 40 Tm de capacidad para la cámara de carne antes de ser congelada 2. En el resto de recintos de trabajo, envasado y pasillos se comprobó su funcionamiento mediante la lectura de la temperatura en los dispositivos de pared distribuidos en dichos recintos.

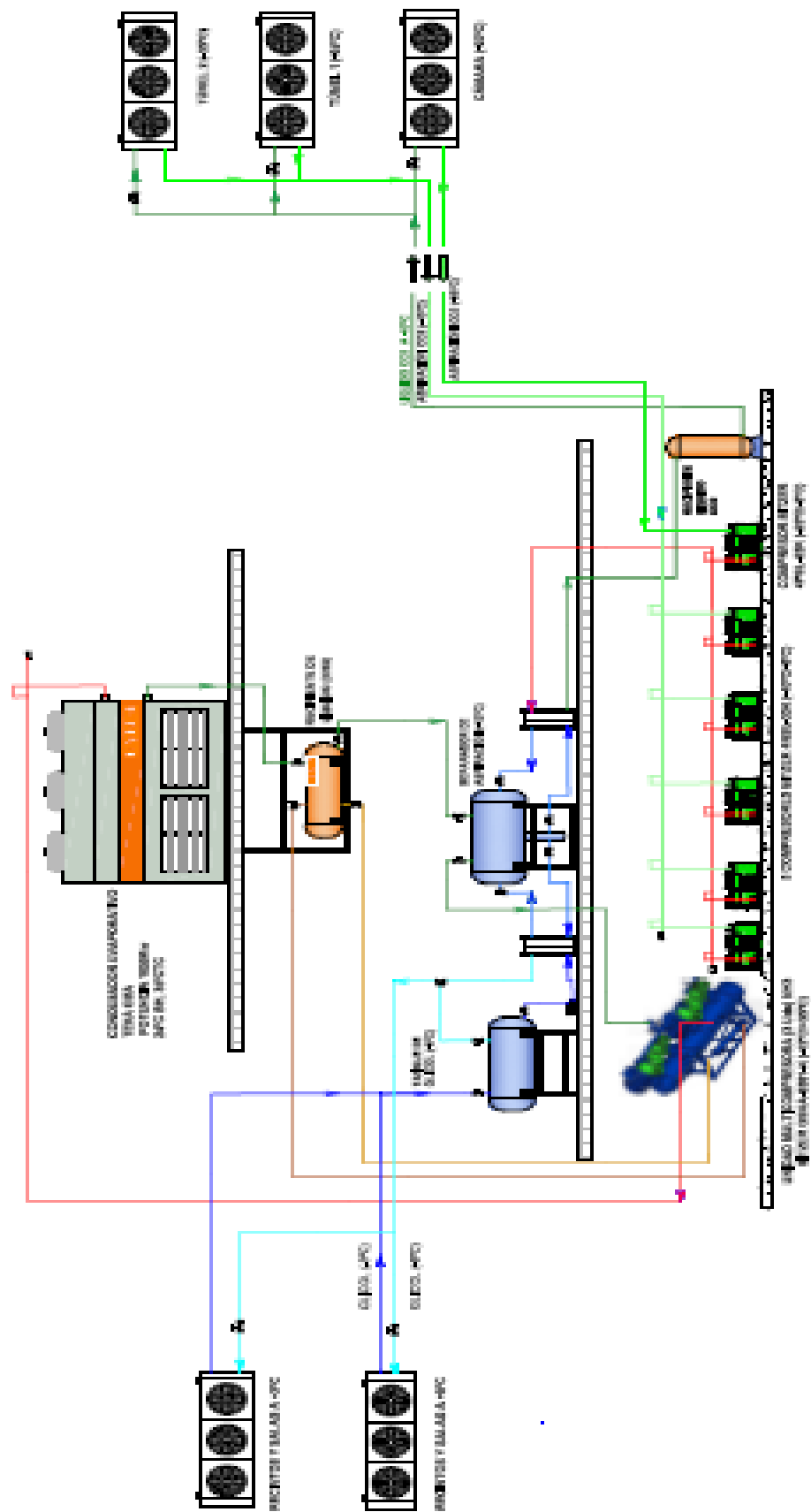
**Tabla 5.11 - Resultado de las pruebas - Instalación 3**

Planta en operación						
Recinto	Especie	Capacidad Cámara Tm	Carga Cámara Tm/día	Horas de operación en carga	Horas de operación conservac.	Temp. Consigna °C
Túnel 15 T/d	carne	15	15	13,9		-35
Túnel 30 T/d	pescado	30	30	15,1		-35
Cámara congelados	pescado	1.200	45	12	8,3	-20
Carne fresca o fruta para venta	fruta	60	60	15	5	2
Carga carne despiece	carne	40	40	13	5	2
Pescado antes congelar 1	pescado	40	40	17	5	2
Carne antes congelar 2	carne	40	40	15	5	2

Resultado de los cálculos de diseño						
Recinto	Especie	Capacidad Cámara Tm	Carga Cámara Tm/día	Horas de operación en carga	Horas de operación conservac.	Temp. Consigna °C
Túnel 15 T/d	carne	15	15	13		-35
Túnel 30 T/d	pescado	30	30	14,1		-35
Cámara congelados	pescado	1.200	45	11	7,5	-20
Carne fresca o fruta para venta	fruta	60	60	14,2	4,6	2
Carga carne despiece	carne	40	40	14	6	2
Pescado antes congelar 1	pescado	40	40	17,7	5,6	2
Carne antes congelar 2	carne	40	40	15,7	4,8	2

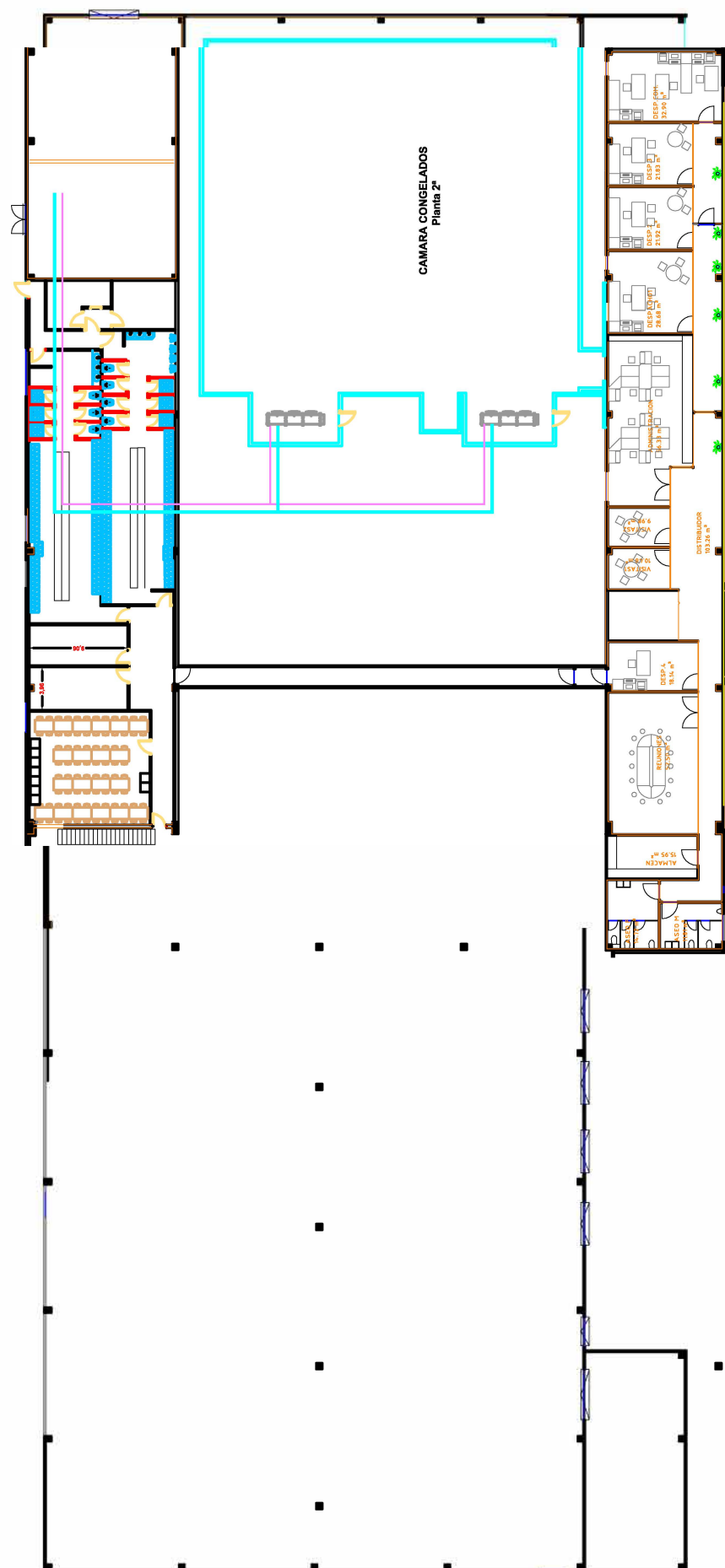
La tabla 5.11 muestra que los tiempos empleados tanto en carga para conseguir la temperatura de consigna, como los tiempos de conservación son bastante consistentes y las diferencias que en algunos casos puede haber, se deben fundamentalmente al tiempo empleado al abrir y cerrar las puertas, sobre todo en el llenado y vaciado de los túneles y de la cámara de congelados, ya que los operarios no se preocupan en general de acelerar tanto en la carga como en la descarga.

### DIAGRAMA 5.5 - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN CASCADA NH3-CO2





**DIAGRAMA 5.6 - PLANIMETRÍA - INSTALACIÓN FRIGORÍFICA EN CASCADA NH3 / CO2  
(continuación)**



#### **5.4 - PUESTA A PUNTO DE UNA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA Y OPERACIÓN**

En la puesta a punto y operación de las instalaciones frigoríficas se siguió un protocolo previo al arranque y un procedimiento para su puesta en operación. Se exponen a continuación las acciones que se realizaron en esta operación hasta conseguir el punto de consigna.

##### Acciones realizadas previas a la carga

Antes de realizar la carga a las cámaras o túneles se realizaron las siguientes acciones:

- a) comprobación y verificación de tuberías, valvulería (chequeo de que las válvulas de paso de la instalación estaban abiertas), desagües, pendientes, sifones y resistencia de desagüe en caso de cámaras a temperatura negativa, colocación y buen funcionamiento de las válvulas equilibradoras de presión y de las alarmas de hombre encerrado en las cámaras negativas y demás elementos de la instalación.
- b) realización de la prueba de estanqueidad según el reglamento de seguridad de plantas e instalaciones frigoríficas, empleando nitrógeno líquido. En estos circuitos donde el lado de baja puede soportar en momentos concretos presiones elevadas (desescarches), se tomó la presión de alta para todo el circuito ( 21 Kg/cm<sup>2</sup>). Se utilizaron para elevar la presión del circuito un manómetro a la salida y como limitador de presión una válvula de seguridad. La instalación se mantuvo a presión más de 30 minutos.
- c) comprobación de las fugas en la instalación. Se dejaron las instalaciones con nitrógeno 30 horas y se verificó que la presión no había disminuido . No obstante en zonas típicas donde en otras ocasiones, según la experiencia en otras plantas, se había visto posibilidad de fugas se procedió a la búsqueda de las mismas con ayuda de agua y jabón, pero no se encontró ninguna.
- d) comprobación de la alimentación / acometida eléctrica al cuadro de control de la instalación: tensión entre fases, tensión entre fase y neutro, desequilibrio de fases (máximo 2%), sentidos de giros de los motores de los compresores y demás elementos de giro como ventiladores y bombas.
- e) en las tres instalaciones consideradas en este trabajo se realizó la operación de vacío, antes de introducir el aceite al compresor, mediante una bomba de vacío y con un vacuómetro se comprobó el mismo. Se realizó con todas las válvulas de servicio y solenoides abiertas hasta alcanzar de 0,1 a 0,3 mbar, a continuación se cerraron las válvulas de servicio del compresor, tanto en aspiración como en descarga y se continuó vaciando el circuito durante unos 20 minutos. Posteriormente se cerró la válvula cerca de la bomba y se verificó que el vacío aguantaba durante 30 minutos
- f) 24 horas antes de la puesta en marcha se hicieron las conexiones del cárter para asegurar que el aceite contenía la mínima cantidad posible de refrigerante disuelto. Se aseguró que la temperatura del aceite estaba entre 15 y 20°C por encima de la temperatura ambiente entorno a la instalación, comprobándose mediante un termómetro de contacto al cárter de aceite del compresor.
- g) Se llenó el circuito de agua para el condensador evaporativo.

Arranque y puesta en marcha de la instalación

El arranque y puesta en marcha de la instalación se realizó mediante la secuencia siguiente:

- a) se procedió al ajuste de los elementos de seguridad y control tales como presostatos, termostatos electrónicos, microprocesadores de control de compresores, elementos de seguridad eléctricos (disyuntores, térmicos etc), temporizadores de arranque suave de los compresores, temporizadores anticortos de compresores, temporizadores de desescarche, etc.
- b) se comprobó el sistema de seguridad del compresor en el esquema eléctrico del cuadro de control de la instalación, se realizó el test de funcionamiento del compresor con la potencia quitada y se comprobó que llegaba tensión a las bornas de alimentación al compresor
- c) la carga de refrigerante a la instalación se hizo por el lado de baja presión a través de la línea de aspiración con gas, siguiendo la normativa RSPF. Se utilizaron para la carga un puente de manómetros con sus mangueras, una botella de refrigerante y una báscula de precisión para medir la cantidad de refrigerante.

Se procedió conectando la botella de refrigerante a la toma central del puente de manómetros con una manguera flexible, se conectó con otra manguera flexible, la toma de baja del puente de manómetros a la parte de baja presión de la instalación, se purgaron las mangueras de carga con refrigerante hasta que salió refrigerante en fase gaseosa (así se eliminó el aire de las mangueras), se verificó que todas las solenoides de la instalación estaban abiertas. Posteriormente se abrió la válvula de la botella, la válvula del manómetro y finalmente la válvula de la instalación, dejando entrar refrigerante en fase gaseosa, hasta que se observó que no entraba más. (pues se igualan las presiones de la botella y de la instalación). En este momento se inició la puesta en marcha del compresor 1, pues debe hacerse compresor a compresor, cargándolo con la cantidad óptima lo cual se logra mediante las actuaciones siguientes:

- eliminación de burbujas en el visor, lo que se consigue observando el visor de líquido, debidamente colocado en las proximidades de la válvula VET (expansión termostática) y cargando refrigerante hasta la desaparición de burbujas en él.
- ajuste del recalentamiento mediante los manómetros y/o termómetros instalados. A medida que aumenta la carga este irá disminuyendo. En condiciones próximas al punto de consigna, se obtuvo un recalentamiento entre 5°C y 8°C, valor apropiado para cámaras negativas y entre 7°C y 11°C para cámaras de temperatura positiva.
- ajuste del subenfriamiento, proceso íntimamente relacionado con el primero, pues la ausencia de subenfriamiento conlleva la aparición de burbujas en el visor de la línea de líquido. Se ajustó con 6°C, estando el sistema a plena carga y en las proximidades del punto de consigna de -20°C.
- el ajuste de presiones de evaporación y condensación se consiguió con el sistema a plena carga a una presión de condensación correspondiente a la temperatura de bulbo húmedo externa más 10°C. Este valor es el correcto y es el que se utilizó en las tres instalaciones, ya que en todas se emplea un condensador evaporativo.

d) en la puesta en marcha de una cámara positiva, hay que conseguir siempre que la cámara en la cual se va a almacenar el producto tenga una temperatura media entre el rango de temperaturas a almacenar el mismo. En ese momento se carga la cámara con producto y se pone en marcha hasta alcanzar el punto de consigna. Si la temperatura de la cámara es superior al punto de consigna, dado por el regulador de temperatura, situado en el exterior de la cámara junto a la puerta, éste abre la válvula solenoide de líquido subiendo la presión en la tubería de aspiración del compresor y poniendo el compresor en marcha, protegido por sus sistemas de seguridad. Una vez conseguido el punto de consigna de la instalación, el regulador termostato de la cámara mandará cerrar la válvula solenoide de líquido recogiendo así todo el refrigerante, y parando el compresor protegido por sus sistemas de seguridad.

e) antes de la puesta en marcha de una cámara negativa hay que hacer una bajada de temperaturas, para el buen fraguado del hormigón de la solera. Se esperó 35 días para el fraguado del hormigón en todas las instalaciones. Este aspecto es fundamental, ya que una eventual permanencia de agua o humedad en el hormigón, supondrían el riesgo de congelación de la misma en la puesta en marcha de las instalaciones frigoríficas y su consiguiente resquebrajamiento. El proceso seguido fue bajar 5°C diariamente hasta llegar en el interior de la cámara a +0°C, con la puerta de la cámara un poco abierta, ya que las válvulas de alivio de presión, no están preparadas para soportar un gradiente tan rápido de temperatura, y podría haberse provocado daños en los paneles frigoríficos. Una vez conseguida la temperatura de +0°C, se trabajó durante 4 días (fase de secado) a esta temperatura para eliminar la humedad que pudiera existir, con la puerta de la cámara cerrada. Desde +0°C a -15°C se bajó la temperatura 4°C por día, y con la puerta de la cámara frigorífica ligeramente abierta. A partir de -15°C, se bajó la temperatura a razón de 4°C diariamente y con la puerta de la cámara frigorífica cerrada hasta llegar a la temperatura de consigna de -20°C. El control se lleva acabo de la misma manera que en las cámaras positivas. Una vez que se alcanza el punto de consigna de la instalación, el regulador termostato de la cámara mandará cerrar la válvula solenoide de líquido recogiendo así todo el refrigerante, y parando el compresor protegido por sus sistemas de seguridad (ref 5.2; 5.3).

## **BIBLIOGRAFÍA**

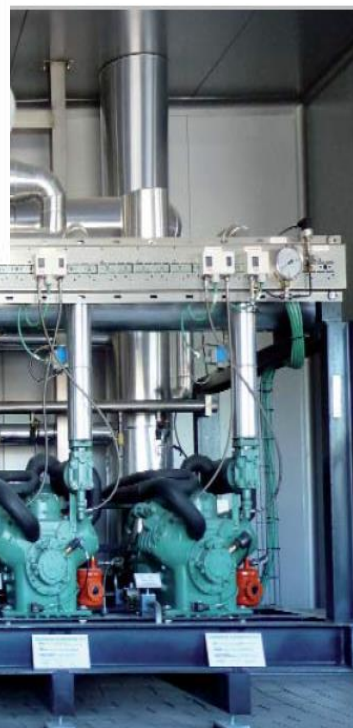
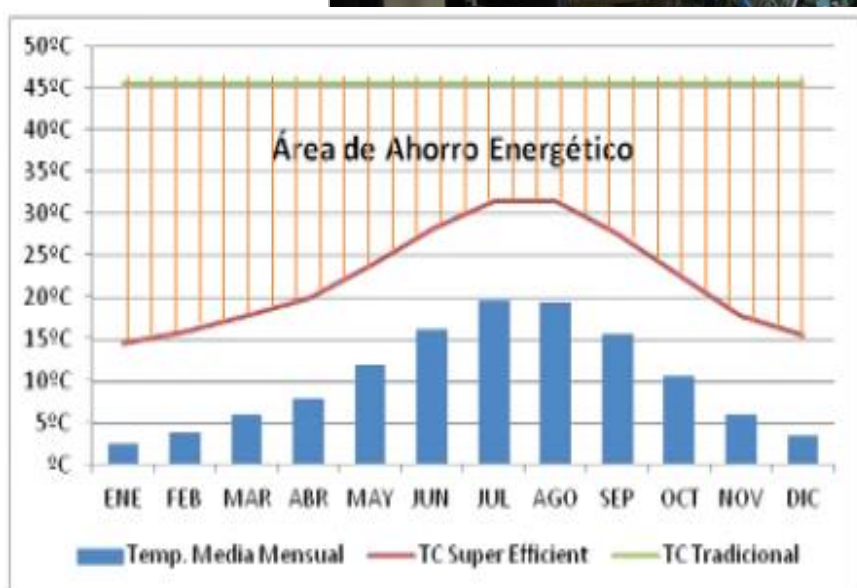
5.1 - Como funciona un compresor a tornillo lubricado. Mundo Compresor  
<https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/como-funciona-compresor-tornillo-lubricado>

5.2 - U.D.5 Puesta en marcha de una instalación frigorífica  
<https://docplayer.es/8156481-Unidad-didactica-5-puesta-en-marcha-de-una-instalacion-frigorifica.html>

5.3 - Puesta en marcha de equipos comerciales  
[http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700502/moodle/file.php/77/2\\_Curso/0040.\\_Montaje\\_y\\_mantenimiento\\_de\\_equipos\\_de\\_refrigeracion\\_comercial/Capitulo\\_I/Practica\\_basica\\_No\\_9/PUESTA\\_EN\\_MARCHA\\_instalaciones\\_comerciales.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700502/moodle/file.php/77/2_Curso/0040._Montaje_y_mantenimiento_de_equipos_de_refrigeracion_comercial/Capitulo_I/Practica_basica_No_9/PUESTA_EN_MARCHA_instalaciones_comerciales.pdf)









## 6.- **OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES FRIGORÍFICAS.**

La optimización energética ha tenido en cuenta el efecto de todos los controles, elementos y componentes electrónicos existentes en compresores, motores de condensadores evaporativos, motores de evaporadores, motores de bombas y válvulas de expansión termostática (VET) así como, las tecnologías aplicadas tales como la condensación y evaporación flotante, variadores de frecuencia en la aspiración de los compresores y en los ventiladores de los condensadores evaporativos y válvulas de expansión electrónica (VEE). El consumo energético, está basado fundamentalmente en el consumo de los compresores que al final son quienes absorben, en un porcentaje bastante considerable, todas las subidas o bajadas de potencia y consumos del sistema, pues el resto no son tan significativos respecto al total.

El tiempo utilizado en carga, ha sido de 18 horas al día en las Instalaciones 1 y 3 y de 16 horas al día en la Instalación 2, considerando el funcionamiento del servicio frigorífico todos los días de la semana.

La optimización energética de las tres instalaciones, en el caso del sistema de las condiciones convencionales está basada en los datos aportados por los suministradores de los equipos, mientras que en el caso del sistema de ahorro energético está en la utilización del algoritmo resultante de las aplicaciones electrónicas mencionadas. Las tres instalaciones en el cuadro de control llevan incorporados un lector individual de consumo eléctrico para cada compresor, un lector global del consumo de todos los compresores y un lector en donde se puede leer el consumo total de la instalación considerando compresores y motores de ventiladores y bombas.

En las tres instalaciones se sobredimensionan los condensadores evaporativos y los evaporadores, con el fin de que en los primeros el fluido salga subenfriado y en los segundos recalentado (asegurando la entrada de vapor a los compresores) con la limitación de ser inferior a la temperatura de las cámaras. Como en ambos equipos la potencia frigorífica viene dada por la expresión  $Q=UxAxLMTD$ , al disminuir el LMTD, mantenerse prácticamente constante el coeficiente de intercambio U y aumentar la Q, como consecuencia del subenfriamiento o del recalentamiento, según el caso, se necesita mayor superficie de intercambio.

En las tres instalaciones los evaporadores, con el fin de controlar la temperatura de salida del refrigerante de cada uno de ellos, llevan un by-pass que entra en funcionamiento según que la carga térmica disminuya o aumente, debido a una disminución o a un aumento del caudal másico del refrigerante demandado por la cámara o recinto a refrigerar.

Los consumos, en el caso de las condiciones convencionales se obtuvieron para los compresores mediante la utilización del software del fabricante Bitzer, para los motores de los condensadores evaporativos a través de los propios fabricantes, TEVA para las instalaciones 2 y 3 y Frimetel para el de la instalación 1; para los

motores de los evaporadores Frimetel para las Instalaciones 1 y 3 y Guntner para la instalación 2 y para los motores de las bombas a través del fabricante Witt para la instalación 2 y Grundfos para la instalación 3.

Los consumos, en el caso de las condiciones de ahorro energético se obtuvieron mediante mediciones en las propias instalaciones, realizándose la toma de datos quincenalmente, procediéndose a la lectura en el panel de control del consumo eléctrico de cada compresor, del consumo total de todos los compresores y del consumo global de la instalación. La diferencia entre el consumo global de la instalación y el consumo de todos los compresores de la instalación, daba como resultado el consumo de energía eléctrica del resto de elementos, es decir, el consumo correspondiente a motores de los ventiladores del condensador evaporativo, a motores de los grupos de bombeo -si existen- y a motores de los ventiladores de los evaporadores. No obstante, en las pruebas que se hicieron en las tres instalaciones, se controló la influencia porcentual que podría tener en el ahorro cada uno de estas aplicaciones - aunque se preveía que la condensación flotante sería la de mayor como consecuencia de los compresores - desconectando individualmente cada uno de los elementos afectados por las mismas. La diferencia entre la lectura del consumo eléctrico con todas las aplicaciones conectadas y la lectura del consumo eléctrico con la aplicación cuyo valor se quería medir desconectada, daba como resultado la influencia de dicha aplicación en la instalación a controlar.

Para el control se instaló, en cada compresor y en cada ventilador de los condensadores evaporativos, una sonda de presión en el lado de baja de presión del sistema, un regulador que en función de la sonda de presión genera una señal de entrada al inversor (inverter), que hace que los compresores y los ventiladores de los condensadores trabajen con la frecuencia de giro adecuada en cada momento y un sistema de transmisión que limita la velocidad máxima y mínima permitida por el fabricante del compresor y de los ventiladores de los condensadores evaporativos.

Las aplicaciones tecnológicas utilizadas en las instalaciones 1, 2 y 3, para la optimización del consumo energético, son las indicadas anteriormente y que se describen a continuación:

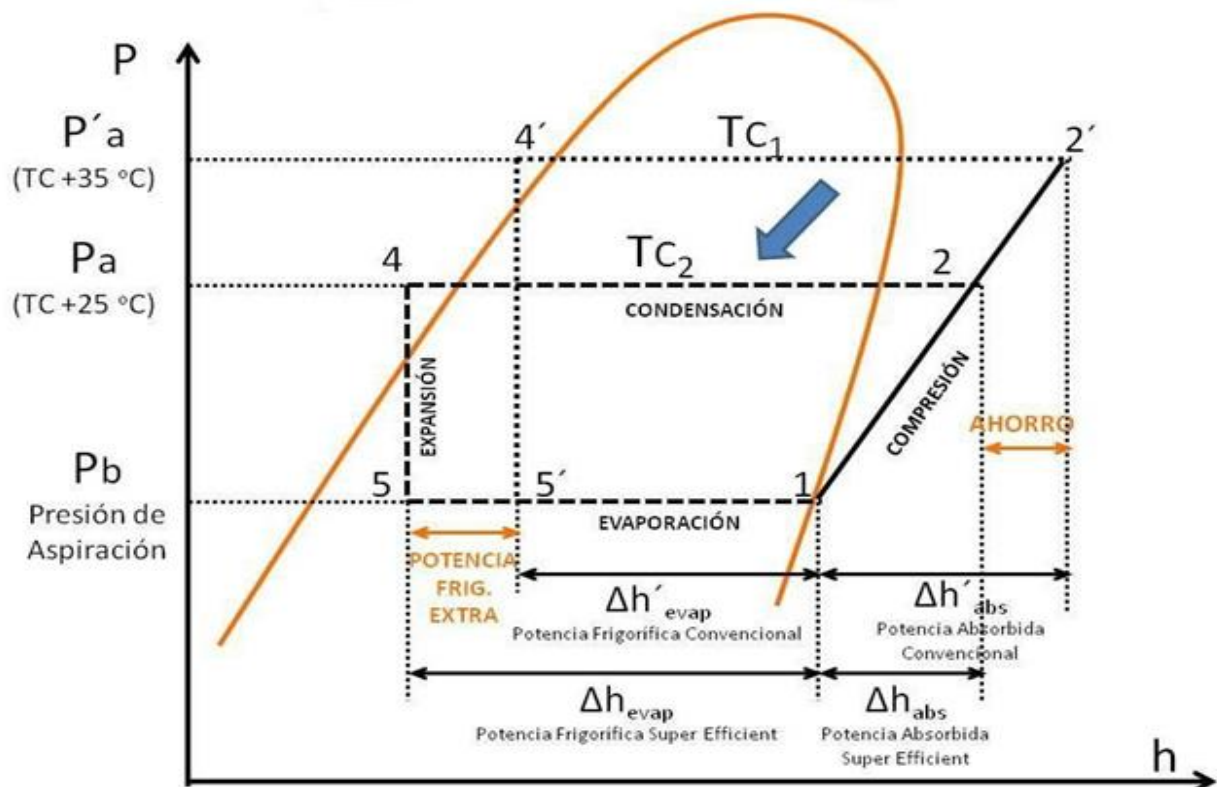
#### a) Condensación flotante

La condensación flotante tiene su mayor aplicación en condensadores por aire o condensadores evaporativos, donde interviene el aire exterior, como ocurre en estas instalaciones. La temperatura de condensación en el caso de condiciones convencionales es la temperatura de bulbo húmedo máxima anual más 10°C, manteniéndose así durante todo el año. En el caso de las condiciones de ahorro energético, para su aplicación se aprovecha la disminución de la temperatura del bulbo húmedo diario instantáneo a lo largo del año, con el fin de condensar a una temperatura menor que la de diseño, que sería la temperatura de bulbo húmedo en cada momento más 10°C, de forma que cuanto menor sea ésta menor es el consumo de energía y mayor la potencia frigorífica y el rendimiento del compresor. La variación del punto de consigna de la temperatura de condensación se logra

mediante un controlador a la salida del condensador evaporativo. La disminución de consumo depende de la climatología, tipo de circuito empleado, refrigerante utilizado y tiempo de funcionamiento según el diseño que se haya realizado. En el diagrama de Mollier Ph (presión-entalpía) de la figura 6.1 se puede apreciar que si la temperatura de diseño es 35°C y se condensa a una temperatura menor, suponiendo que esta fuera 25°C, el compresor trabaja a una presión menor ( $P_a < P'_a$ ) y por tanto el trabajo a realizar por el compresor es considerablemente menor. Como se puede apreciar en el gráfico de dicha figura, la potencia frigorífica desarrollada por el compresor es mayor ( $\Delta h_{evp} > \Delta h'_{evp}$ ) y el trabajo a realizar por el compresor es menor ( $\Delta h_{abs} < \Delta h'_{abs}$ ), lo que implica un ahorro energético.

Para que la condensación flotante fuera efectiva se obtuvieron del fabricante de los compresores los valores límites entre los que se tenía que trabajar, mínima presión de condensación permitida, mínima diferencia de presión a través de las válvulas de expansión que garantice la correcta inyección de refrigerante al evaporador en función del refrigerante utilizado y el tipo de válvula termostática utilizada, valores límites de capacidad de funcionamiento de los compresores, pues al disminuir la presión de condensación aumenta la potencia frigorífica de los mismos, por lo que para mantener una evaporación estable los compresores deben de reducir su capacidad.

**Figura 6.1 - Efecto de la Condensación flotante**



Las tres instalaciones llevan acoplado un controlador electrónico que dispone de una sonda de presión en el lado de alta presión de la instalación, una sonda de temperatura exterior, salidas para activar/desactivar los compresores o regular su velocidad y un algoritmo de control de la condensación flotante en el que se introduzcan los límites de presión a los que se puede trabajar, el cual modifica la presión de condensación en función de la temperatura de bulbo húmedo exterior y los límites de capacidad de funcionamiento de los compresores (ref.6.1).

#### b) Evaporación flotante

La evaporación flotante consiste en el aumento de la temperatura de evaporación de la instalación frigorífica siempre que sea posible, es decir, cuando la carga térmica de los servicios es reducida y mientras que la temperatura de las cámaras se mantenga a la temperatura de consigna. Este aumento de temperatura de evaporación hace que el LMTD del evaporador disminuya, otra razón por la cual se sobredimensionaron los evaporadores de las instalaciones estudiadas al necesitar incrementar la superficie de intercambio. Este aumento de temperatura está limitado, ya que debe de ser siempre inferior a la temperatura de las cámaras.

#### c) Válvulas de expansión electrónica

El control de la inyección de líquido a la entrada de los evaporadores, mediante válvulas de expansión electrónica (VEE) en vez de termostáticas, se llevó a cabo en las tres instalaciones, permitiendo un control del recalentamiento muy preciso y con mayor rapidez que las válvulas termostáticas, optimizando el rendimiento de los evaporadores, ya que la válvula electrónica controla los recalentamientos y el llenado de los evaporadores mejor que las válvulas termostáticas clásicas, incrementando así su potencia frigorífica; consiguiendo un aumento de presión de evaporación, por el mejor aprovechamiento del evaporador y un aumento del grado higrométrico (humedad relativa) de los alimentos en las cámaras frigoríficas, lo que hace disminuir los mermas de productos y mantener su aspecto fresco durante más tiempo.

Las tres instalaciones llevan acoplado un controlador electrónico en cada válvula de expansión electrónica para la evaporación flotante, que dispone de una sonda de presión conectada a la salida del evaporador, una sonda de temperatura situada en el tubo de salida del evaporador y un regulador que en función de la sonda de presión y de temperatura calcula el recalentamiento en el evaporador y lo compara con la consigna de recalentamiento, de forma que genera una señal de control que va a la válvula de expansión electrónica, de tal manera que el controlador haga que se inyecte más o menos líquido (ref.6.1).

#### d) Variadores de frecuencia

En las tres instalaciones se instalaron variadores de frecuencia en la aspiración de los compresores, con lo que se consiguió una mejora de consumo del refrigerante, cuantificado mediante un medidor de flujo a la entrada del compresor, al conseguir una regulación de la capacidad más fiable y continua respecto a una regulación mecánica. Los variadores de frecuencia incorporan la función de arranque suave

electrónico y progresivo de motores, con lo que se logró aumentar la temperatura de evaporación.

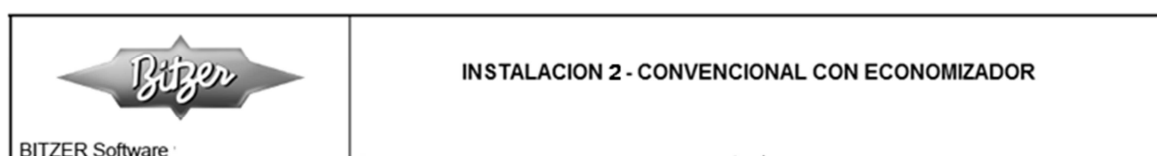
Igualmente en las tres instalaciones se colocaron variadores de frecuencia en los ventiladores del condensador evaporativo, con lo que al reducir la frecuencia, es decir, la velocidad de giro de los ventiladores, el caudal de aire descendía de forma lineal, cuantificado con un medidor de flujo, y el consumo eléctrico de forma cuadrática, es decir, un ventilador que girara al 50% de revoluciones daría la mitad de su caudal, consumiendo el 12,5% de la potencia nominal. La regulación se realizó con el algoritmo del sistema de condensación flotante, integrando la temperatura de condensación con la temperatura exterior y la demanda de la instalación (ref.6.1).

### **6.1 - PROCEDIMIENTO UTILIZADO PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA**

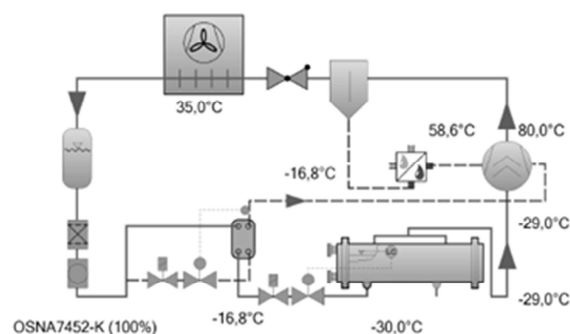
El procedimiento seguido para la aplicación del sistema de optimización energética ha sido el siguiente:

- a través de la Agencia Estatal de Meteorología (AEM) se obtuvieron los valores climatológicos máximos mensuales de bulbo húmedo de las tres diferentes ubicaciones de las plantas estudiadas, fundamentales para el caso del sistema convencional.
- en cada una de las tres instalaciones, en el caso del sistema convencional, la temperatura de consigna de condensación se tomó 10°C por encima de la temperatura máxima de bulbo húmedo durante todo el año, facilitadas por la AEM. Esta temperatura es la utilizada para determinar el consumo eléctrico a través del software del fabricante (Bitzer) de los compresores instalados, como se muestra en la figura 6.2. El resto de consumos se obtuvieron a través de los fabricantes de los otros equipos instalados.
- en el sistema de condiciones de ahorro energético cada una de las instalaciones tenía ya instalados los sistemas de optimización de ahorro energético descritos, de forma que mediante un controlador a la salida del condensador evaporativo, se fijó que el punto de consigna de la temperatura de condensación fuera variando en más 10 °C la temperatura de bulbo húmedo ambiental registrado en cada momento en la propia instalación. En estas condiciones se hicieron las lecturas del consumo eléctrico global en cada instalación.
- el ahorro energético se determinó mediante la diferencia entre el consumo del sistema convencional y el consumo del sistema de ahorro energético, leído en el panel de control de la instalación.



Figura 6.2 - Compresor Bitzer de NH<sub>3</sub> de la Instalación 2 - Convencional**Selección: Compresores de Tornillo Abiertos OS****Valores de entrada**

Modelo de compresor	OSNA7452-K
Refrigerante	R717
Temperatura de referencia	Temp. en el punto de rocío
Temp. de evaporación	-30,00 °C
Temp. de condensación	35,0 °C
Líquido subenfriado (después condensador)	0 K
Auto. subenfriamiento	Auto
Recalentamiento de gas aspirado	1,00 K
Modo de funcionamiento	Economizador
Velocidad	2900 /min
Recalentamiento útil	100%
Enfriamiento adicional	Automático
Máx. temp. gas de descarga	80,0 °C

**Resultado**

Compresor	OSNA7452-K
Escalones de capacidad	100%
Potencia frigorífica	58,4 kW
Potencia frigorífica *	57,8 kW
Potencia en el evap.	58,4 kW
Potencia en el eje	33,2 kW
Capacidad del condensador	68,5 kW
COP/EER	1,76
COP/EER *	1,74
Caudal másico BP	161,6 kg/h
Caudal másico AP	196,9 kg/h
Modo de funcionamiento	Economizador
Temp. del líquido (se)	-16,85 °C
Caudal másico ECO	35,4 kg/h
Potencia subenfriador	10,81 kW
Temp. Saturada ECO	-16,85 °C
Presión ECO	2,19 bar(a)
Caudal aceite	2,22 m³/h
Métodos de enfriamiento	Externo
Salida enfriador aceite	58,6 °C
Potencia enfriador aceite	23,1 kW
Motor necesario	45,0 kW
Temp. Gas de descarga no enfriado	245 °C

## **6.2 - AHORRO ENERGÉTICO DE LA "INSTALACIÓN 1" DE R-407F (FREÖN) CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA**

En la tabla 6.1 se muestran los valores tomados para diseño, tales como temperatura máxima de bulbo húmedo anual, temperatura máxima de bulbo húmedo mensual a lo largo del año, delta de temperatura tomado en el condensador para fijar - a partir de la temperatura de bulbo húmedo - la temperatura de condensación, temperatura de evaporación, número de compresores, modelo de compresor utilizado y tiempo de funcionamiento.

En la zona 2 de esta tabla, correspondiente al sistema convencional, se puede ver que la temperatura de condensación (línea 1) es constante durante todo el año, siendo ésta 45°C (temperatura de bulbo húmedo más 10°C); que la potencia en kw (línea 2 y 4) y el consumo en kw (línea 3 y 5) de los compresores, obtenidos a partir del software del fabricante Bitzer, que deberían de mantenerse constantes durante todo el año, pues la temperatura de condensación es constante, cambian ligeramente, pues no todos los meses tienen el mismo número de días. Por lo tanto el consumo global de la instalación (línea 6), que se obtiene sumando el consumo en kw de los motores de ventiladores del condensador y de los motores de los evaporadores, dados por los fabricantes, al consumo en kw de los compresores, cambia de un mes a otro a lo largo del año.

En la zona 3, correspondiente al sistema de ahorro energético, se puede observar que las temperaturas de condensación de cada mes (línea 2) van cambiando como consecuencia de los valores de temperaturas medias mensuales de bulbo húmedo que aparecen en la zona 1 (línea 3) de esta tabla, correspondiente a los valores meteorológicos más 10°C. Las mediciones mensuales, resultantes de la lectura en el panel de control de la potencia en kw (líneas 3 y 5) y del consumo eléctrico en kw (líneas 4 y 6) de los compresores, varían cada mes como consecuencia de la variación de la temperatura de condensación (línea 2). Por último, la fila 7 de la zona 3 muestra la lectura, hecha en el panel de control, del consumo global en kw de la instalación que, igual que en el caso convencional, incluía compresores, motores del condensador y de los evaporadores, variando a lo largo de los meses del año.

En la zona 4, correspondiente al ahorro diario en kwh se muestra en la línea 1 el "consumo diario en kwh del caso convencional" trabajando 16 horas, que se obtiene multiplicando los consumos en kw, de la zona 2 línea 6, por 16 horas de trabajo diario, y en la línea 2 de la zona 4 el "consumo diario en kwh del caso de ahorro energético", que igualmente se obtienen multiplicando los consumos en kw de la zona 3 línea 7 por 16 horas de trabajo diario. Este último valor del sistema de ahorro energético no es el que se registra y lee en el panel de control, ya que ha habido una reducción de horas de funcionamiento que el sistema tiene en cuenta.

### 6.2.1 - INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS ESPECÍFICOS

Aunque el tiempo de funcionamiento tenido en cuenta en el diseño de la unidad fue de 16 horas diarias en carga, en el caso del sistema de ahorro energético al ser la temperatura de condensación menor, como puede verse en la tabla 6.1, zona 3 línea 1, la potencia frigorífica que dan los compresores es mayor y el consumo menor si se compara con el caso convencional. Si por ejemplo observamos el mes de enero, en el caso del sistema de ahorro energético se observa en la tabla 6.1 que el valor de la potencia frigorífica es de 210,4 kw ( 156,6 + 53,8) y en el sistema convencional 136,2 kw (97,8 +38,4), mientras que el consumo en el caso del sistema ahorro energético es de 64,52 kw (55,05 + 9,47) y en el sistema convencional es de 79,86 kw (66 + 13,86), lo que implica una reducción de las horas de trabajo de 16 h a 10,36 h,  $[16 / (210,4/136,2)]$ , en enero. Estos aumentos de potencia frigorífica y disminuciones de consumo, en el caso del sistema de ahorro energético respecto al sistema convencional, ocurren en todos los meses del año. En la tabla 6.1 para el mes de enero, en zona 4 línea 3, se puede leer la reducción de horas de trabajo 10,36 horas y en zona 3 línea 7 el consumo global en el sistema de ahorro energético 70,33 kw. Multiplicando ambos valores se obtiene el consumo diario real, teniendo en cuenta esa reducción de horas de trabajo, con lo que para el mes de enero en el caso del sistema de ahorro energético se obtiene  $70,33 \text{ kw} \times 10,36 \text{ horas} = 728,4 \text{ kwh}$ . El algoritmo del control electrónico en el sistema de ahorro energético realiza este proceso de cálculo mes a mes y son los valores de consumo que se registran y se leen en el panel de control, además de ser los que contabiliza la empresa suministradora de electricidad.

El ahorro diario del mes de enero se puede leer en esta tabla, en la zona 4 línea 5, por diferencia entre el valor de la línea 1 (caso convencional) y la línea 4 (caso ahorro energético), que en el caso de enero sería 1.485,8 kwh menos 728,4 kwh resultando un ahorro diario de 757,4 kwh .

El consumo mensual del sistema convencional es el consumo diario, zona 4 línea 1, por el número de días correspondiente a dicho mes, que en el caso del mes de enero sería  $1.485,8 \text{ kwh} \times 31 \text{ días/mes}$  resultando 46.059 kwh (mes enero), zona 5 línea 1, y en el sistema de ahorro energético sería, zona 4 línea 4,  $728,4 \text{ kwh} \times 31 \text{ días/mes}$  resultando 22.581 kwh (mes enero), zona 5 línea 2, y de la diferencia entre ambos resulta un ahorro mensual, zona 5 línea 3, de 23.478 kwh (mes enero).

El consumo anual del sistema convencional, zona 6 línea 1, es de 542.302 kwh y del sistema de ahorro energético, zona 6 línea 2, es de 312.403 kwh, los cuales resultan de la suma de los consumos mensuales en cada uno de los casos y el ahorro anual el valor resultante de la diferencia entre ambos, siendo de 229.899 kwh, zona 6 línea 3.

El porcentaje de ahorro anual viene dado por el cociente entre el ahorro anual 229.899 kwh, zona 6 línea 3, y el consumo anual del sistema convencional 542.302 kwh, zona 6 línea1, obteniéndose un valor de 42,39%, zona 6 línea 4.

En la figura 6.3 se representan mes a mes los valores de consumo (kwh) del sistema convencional, los valores de consumo (kwh) del sistema de ahorro energético - teniendo en cuenta la reducción del tiempo de funcionamiento - y el ahorro (kwh)

entre ambos sistemas. La línea de consumo del sistema convencional se ve que resulta una línea quebrada cuando debería ser una recta continua, pues el punto de consigna de la temperatura de condensación es constante todo el año, esto es consecuencia de la variación en el número de días de cada mes. En el caso del sistema de ahorro energético se observa un máximo en el consumo de los meses de julio y de agosto, debido a que la temperatura de consigna del condensador, zona 3 línea 2, varía según la temperatura de bulbo húmedo y estos son los meses de mayor temperatura de bulbo húmedo, como se puede ver en la tabla 6.1, zona 1 línea 3. Por último en la curva del ahorro mensual se ve un mínimo que coincide con los meses de julio y agosto. Esto es consecuencia de que son los meses de mayor temperatura de bulbo húmedo, lo cual afecta al consumo en el caso de ahorro energético siendo máximo y no afecta al sistema convencional, ya que en este caso la temperatura de condensación es constante todo el año, razón por la cual en esos meses el ahorro es mínimo.

En la tabla 6.2 se puede ver un resumen de los consumos anuales en el caso del sistema convencional y en el caso del sistema de ahorro energético, el ahorro energético anual y el porcentaje de ahorro entre los dos sistemas.

Es de interés el resaltar que en los sistemas de ahorro energético al disminuir la temperatura de condensación aumenta la potencia frigorífica y disminuye el consumo, lo cual da como resultado el ahorro existente entre los dos sistemas.

Tabla 6.1 - INSTALACIÓN 1 - SISTEMA DE AHORRO ENERGÉTICO - COMPRESIÓN SIMPLE DE R-407F (FREÓN)

Compresores	6FE-44Y	4JE-15Y	Tiempo Funcionamiento		16 h/día
Nº Compresores	3	1	Delta Condensador (ΔT)		10 °C
Temp.Evaporación	- 28 °C	- 6 °C	DATOS AÑO 2017		

(zona 1) DATOS METEOROLÓGICOS												
TEMPERATURA MAXIMA DE BULBO HUMEDO ° C			TEMPERATURA BULBO HUMEDO MENSUAL SEGUN AEMET - Tal.4m									
TEMP. BULBO HÚMEDO ° C	35 °C		ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT	DIC
			6,4	8,3	11,0	12,9	16,9	22,1	26,0	25,7	21,6	15,6
												7,3

(zona 2) DATOS CENTRAL: SISTEMA CONVENCIONAL - 3 COMPRESORES 6FE-44Y Y 1 COMPRESOR 4JE-15Y												
TEMP. CONDENSACIÓN ° C			45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
POTENCIA 3 COMPRESORES 6FE-44Y AL 100% (KW)			97,80	97,80	97,80	97,80	97,80	97,80	97,80	97,80	97,80	97,80
CONSUMO 3 COMPRESORES 6FE-44Y AL 100% (KW)			66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00
POTENCIA 1 COMPRESORES 4JE-15Y AL 100% (KW)			38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40	38,40
CONSUMO 1 COMPRESORES 4JE-15Y AL 100% (KW)			13,86	13,86	13,86	13,86	13,86	13,86	13,86	13,86	13,86	13,86
CONSUMO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN 100% (KW)			92,86	92,86	92,86	92,86	92,86	92,86	92,86	92,86	92,86	92,86

(zona 3) DATOS CENTRAL : SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO - 3 COMPRESORES 6FE-44Y Y 1 COMPRESOR 4JE-15Y												
TEMP. CONDENSACIÓN ° C			16,4	18,3	21,0	22,9	26,9	32,1	36,0	35,7	31,6	25,6
POTENCIA 3 COMPRESORES 6FE-44Y AL 100% (KW)			156,60	156,60	154,50	150,30	141,60	129,90	121,50	122,10	131,10	144,30
CONSUMO 3 COMPRESORES 6FE-44Y AL 100% (KW)			55,05	55,05	55,59	56,61	58,59	60,90	62,40	62,40	60,60	57,96
POTENCIA 1 COMPRESORES 4JE-15Y AL 100% (KW)			53,80	53,80	53,20	52,10	49,70	46,50	44,10	44,30	46,80	50,50
CONSUMO 1 COMPRESORES 4JE-15Y AL 100% (KW)			9,47	9,47	9,69	10,08	10,89	11,85	12,51	12,46	11,79	10,63
CONSUMO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN 100% (KW)			70,33	70,33	71,16	72,69	75,73	79,30	81,65	81,60	78,91	74,76

(zona 4) DATOS DE AHORRO DIARIOS-FUNCIONAMIENTO 16 h / día												
CONSUMO SISTEMA CONVENCIONAL (KWh)			1.485,8	1.485,8	1.485,8	1.485,8	1.485,8	1.485,8	1.485,8	1.485,8	1.485,8	1.485,8
CONSUMO SISTEMA AHORRO ENERGETICO (KWh)			1.125,2	1.125,2	1.138,5	1.163,1	1.211,7	1.268,8	1.306,4	1.305,6	1.262,5	1.196,2
REDUCCION HORAS DE TRABAJO EN SISTEMA AHORRO ENERGETICO ( h)			10,36	10,36	10,49	10,77	11,39	12,35	13,16	13,10	12,25	11,19
CONSUMO SISTEMA AHORRO ENERGETICO CON LA REDUCCION (KWh)			728,4	728,4	746,6	782,7	862,7	979,6	1.074,5	1.068,6	966,6	836,4
KWh DIARIOS AHORRADOS			757,4	757,4	739,2	703,1	623,0	506,1	411,3	417,1	519,2	649,4

(zona 5) DATOS DE AHORRO MENSUALES												
CONSUMO MENSUAL SISTEMA CONVENCIONAL			46.059	41.601	46.059	44.573	46.059	44.573	46.059	44.573	46.059	44.573
CONSUMO MENSUAL SISTEMA AHORRO ENERGETICO			22.581	20.395	23.143	24.262	26.744	29.389	33.309	33.127	28.997	25.927
AHORRO MENSUAL			23.478	21.206	22.915	20.310	19.314	15.184	12.749	12.932	15.576	20.131

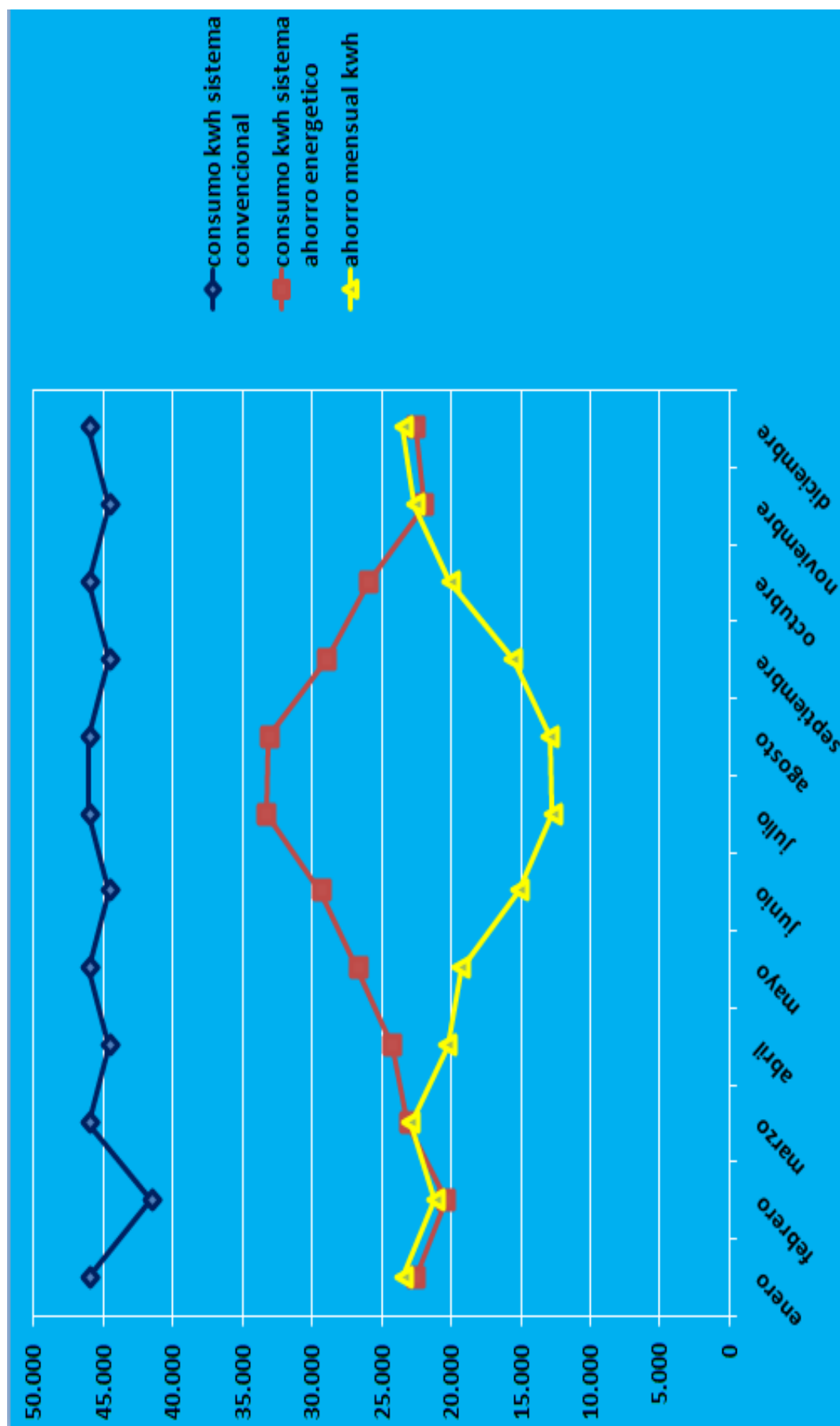
  

(zona 6) DATOS DE AHORRO ANUALES												
CONSUMO ANUAL SISTEMA CONVENCIONAL			542.302 KWh									
CONSUMO ANUAL SISTEMA AHORRO ENERGETICO			312.403 KWh									
AHORRO ANUAL			229.899 KWh									
PORCENTAJE AHORRO ANUAL %			42,39 %									

INSTALACION 1												
CIRCUITO DE COMPRESION SIMPLE												
CON R-407F (FREÓN)												

**Figura. 6.3 - INSTALACIÓN 1 - COMPRESIÓN SIMPLE DE R-407F**



**Tabla 6.2 - Resumen de consumos anuales y ahorros de la  
Instalación 1**

<b>Consumo anual, sistema convencional (kwh)</b>	<b>Consumo anual, sistema ahorro energético (kwh)</b>	<b>Ahorro energético anual (kwh)</b>	<b>Porcentaje de ahorro</b>
<b>542.302</b>	<b>312.403</b>	<b>229.899</b>	<b>42,39 %</b>

### **6.3 - AHORRO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN 2 DE NH<sub>3</sub> CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA**

En la tabla 6.4, correspondiente a la instalación 2 utilizando NH<sub>3</sub> como refrigerante, se muestran los mismos parámetros que los indicados en la tabla 6.1, correspondientes a la instalación 1 con R-407F (freón), donde se ha seguido el mismo proceso y razonamiento con algunas diferencias como el número y modelo de compresores, la temperatura de evaporación a -30°C, las horas de funcionamiento 18 h/día, la temperatura máxima de bulbo húmedo de 25°C, zona 1 líneas 1 y 2, y como consecuencia la temperatura de condensación es de 35°C, zona 2 línea 1, en el sistema convencional; en el sistema de ahorro energético las temperaturas de bulbo húmedo medias mensuales, zona 1 línea 3, en esta localización eran algo más bajas, como se puede ver en dicha tabla, por lo que los puntos de consigna de las temperaturas de condensación, zona 3 línea 2, de cada mes eran ligeramente menores y en el sistema de ahorro energético la reducción de horas de funcionamiento, zona línea 3, era inferior mes a mes, así como el porcentaje de ahorro anual, zona 6 línea 4.

#### **6.3.1 - INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS ESPECÍFICOS**

Como se puede observar el tiempo de funcionamiento de la instalación 2 para diseño y en el sistema convencional era de 18 horas; en el sistema del ahorro energético, como consecuencia de la disminución de las temperaturas de condensación, disminuye. En la tabla 6.4, tomando también como ejemplo el mes de enero, se observa que el valor de la potencia frigorífica del sistema ahorro energético, zona 3 línea 3, es de 125,6 kw y en el sistema convencional, zona 2 línea 2, es de 116,8 kw, mientras que el consumo en el sistema ahorro energético, zona 3 línea 4, es de 42 kw y en el sistema convencional, zona 2 línea 3, es de 66,4 kw, lo que implica una reducción de las horas de trabajo de 18 h a 16,7 h,  $[18 / (125,6/116,8)]$  en enero. Esta reducción de horas de trabajo, como puede verse en la tabla 6.4, zona 4 línea 3, es durante todo los meses del año y son los valores de horas de funcionamiento en el sistema de ahorro energético.

El ahorro diario del mes de enero se puede leer en la tabla 6.4, por diferencia entre el valor del consumo diario en el sistema convencional 1.287 kwh (71,5 x 18), zona 4 línea 1, y el consumo diario en el sistema de ahorro energético 752,2 kwh (44,9 x 16,74), zona 4 línea 4 - con la reducción del tiempo de funcionamiento - dando un ahorro diario de 534,8 kwh, zona 4 línea 5.

El consumo mensual del mes de enero se puede leer en la tabla 6.4. En el caso del sistema convencional resulta un valor de 39.897 kwh (mes enero), zona 5 línea 1, y en el caso de ahorro energético, considerando la reducción de horas de funcionamiento, resulta un valor de 23.320 kwh/(mes enero).

El consumo anual se obtiene sumando los consumos mensuales de cada uno de los dos sistemas, resultando para el caso del sistema convencional un valor de 469.755 kwh, zona 6 línea 1, y para el caso del sistema de ahorro energético un valor de



320.101 kwh, zona 6 línea 2. El ahorro anual es la diferencia entre ambos valores resultando 149.654 kwh, zona 6 línea 3.

El porcentaje de ahorro anual viene dado por el cociente entre el ahorro anual 149.654 kwh y el consumo anual del sistema convencional 469.755 kwh obteniéndose un valor de 31,86%, zona 6 línea 4.

En la figura 6.4 se sigue el mismo tipo de representación para consumos y ahorro. Los meses de julio y agosto presentan un máximo de consumo en el caso del sistema de ahorro energético y un mínimo en ahorro energético.

En la tabla 6.5 se puede ver un resumen de los consumos anuales en el sistema convencional y en el sistema de ahorro energético, el ahorro anual y el porcentaje de ahorro entre los dos sistemas.

En la instalación 2, como puede comprobarse en la tabla 6.4 en el sistema de ahorro energético hay un aumento de la potencia frigorífica y disminución del consumo al disminuir la temperatura de condensación respecto al sistema convencional.

Es de resaltar la diferencia de ahorro existente entre el sistema de ahorro energético y el sistema convencional si se compara la instalación 1 de R-407F y la Instalación 2 de NH<sub>3</sub>. La primera con un 42,39% y la segunda con un 31,86%.

Dado que el efecto principal en gran magnitud para el consumo es debido a los compresores, se realizó una comprobación termodinámica aproximada mediante los diagramas de Mollier de ambos refrigerantes, con el fin de ver el motivo de las diferencias de ahorro energético entre la instalación 1 y la instalación 2, condensando en el sistema convencional cada uno a 45°C y a 35°C y evaporando a -28°C el R407F y a -30°C el NH<sub>3</sub> y en el sistema de ahorro energético condensando (de media) a 25,3°C el R407F y a 20.5°C el NH<sub>3</sub> y evaporando a -28°C el R407F y a -30°C el NH<sub>3</sub>, cuyo resultado se muestra en la tabla 6.3

**Tabla 6.3 - Comparación de ahorro energético**

	Instalación 1 - R407F			Instalación 2 - NH <sub>3</sub>		
	Sistema Convencional	Sistema Ahorro Energ.	Ahorro Energ.	Sistema Convencional	Sistema Ahorro Energ.	Ahorro Energ.
T.condensación °C	45	25	39%	45	20	36%
T.Evaporación °C	-28	-28		-30	-30	
Δ (T.cond. -T.evap.)	73	53		75	50	
T.condensación °C	35	25	26%	35	20	28%
T.Evaporación °C	-28	-28		-30	-30	
Δ (T.cond. -T.evap.)	63	53		65	50	

La razón de esta diferencia, aunque solo considera el efecto de los compresores como consecuencia de la condensación flotante, es debida a que, como se puede ver en la tabla 6.3, cuanto mayor sea la diferencia de temperatura de condensación y de evaporación entre ambos sistemas mayor será el ahorro para un mismo fluido frigorígeno, lo que también ocurre entre refrigerantes distintos.

En el caso del R-407F evaporando en ambos sistemas siempre a  $-28^{\circ}\text{C}$ , condensando a  $45^{\circ}\text{C}$  en el sistema convencional y condensando a  $25^{\circ}\text{C}$  en el sistema de ahorro energético, se tiene un  $\Delta (T.\text{cond} - T.\text{evap.})$  de  $73 - 53 = 20^{\circ}\text{C}$  resultando un ahorro de 39%. Si en el sistema convencional se condensa a  $35^{\circ}\text{C}$  y en el sistema de ahorro energético se condensa a  $25^{\circ}\text{C}$  se tiene un  $\Delta (T.\text{cond} - T.\text{evap.})$  de  $63 - 53 = 10^{\circ}\text{C}$ , resultando un ahorro de 26%. Lo mismo ocurre en el caso que sea  $\text{NH}_3$  el fluido refrigerante.

Tabla 6.4 - INSTALACIÓN 2 - SISTEMA DE AHORRO ENERGÉTICO - COMPRESIÓN SIMPLE DE NH<sub>3</sub> CON ECONOMIZADOR

Compresor		OSNA 7452 K		Tiempo Funcionamiento		18 h/día							
Nº Compresores		2		Delta Condensador (ΔT)		10 °C							
Temp.Evaporación		-30 °C											
(zona 1) DATOS METEOROLÓGICOS													
TEMPERATURA MÁXIMA DE BULBO HÚMEDO ° C		25 ° C		TEMPERATURA BULBO HÚMEDO MENSUAL SEGÚN AEMET - BARAJAS (MADRID)									
TEMP. BULBO HÚMEDO ° C		ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DIC
		4,7	6,0	7,5	9,2	12,3	15,4	17,6	17,4	15,6	10,6	6,1	3,6
(zona 2) DATOS CENTRAL: SISTEMA CONVENCIONAL 2 COMPRESORES BITZER OSNA 7452K													
TEMP. CONDENSACIÓN ° C		35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
POTENCIA COMPRESORES AL 100% (KW)		116,80	116,80	116,80	116,80	116,80	116,80	116,80	116,80	116,80	116,80	116,80	116,80
CONSUMO COMPRESORES 100% (KW)		66,40	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40	66,40
CONSUMO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN 100% (KW)		71,50	71,50	71,50	71,50	71,50	71,50	71,50	71,50	71,50	71,50	71,50	71,50
(zona 3) DATOS CENTRAL : SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO 2 x BITZER OSNA 7452 K													
TEMP. CONDENSACIÓN ° C		14,7	16,0	17,5	19,2	22,3	25,4	27,6	27,4	25,6	20,6	16,1	13,6
POTENCIA COMPRESORES AL 100% (KW)		125,6	125,2	124,6	124,2	123,0	121,6	120,6	120,8	121,6	123,6	125,2	125,8
CONSUMO COMPRESORES 100% (KW)		42,0	43,2	44,8	46,4	49,8	53,4	56,2	56,0	52,0	48,0	43,4	41,0
CONSUMO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN 100% (KW)		44,9	46,2	47,9	49,6	53,3	57,1	60,1	59,9	55,6	51,4	46,4	43,9
(zona 4) DATOS DE AHORRO DIARIOS-FUNCIONAMIENTO 18 h / día													
CONSUMO SISTEMA CONVENCIONAL (KW/h)		1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0	1.287,0
CONSUMO SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO (KW/h)		808,9	832,0	862,8	893,7	959,1	1.028,5	1.082,4	1.078,6	1.001,5	924,5	835,9	789,7
REDUCCIÓN HORAS DE TRABAJO EN SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO (h)		16,7	16,8	16,9	16,9	17,1	17,3	17,4	17,4	17,3	17,0	16,8	16,7
CONSUMO SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO CON LA REDUCCIÓN (KW/h)		752,2	776,2	808,8	840,4	910,8	987,9	1.048,3	1.042,8	962,0	873,6	779,8	733,2
KW/h DIARIOS AHORRADOS		534,8	455,0	424,2	393,3	327,9	258,5	204,6	208,4	285,5	362,5	451,1	497,3
(zona5) DATOS DE AHORRO MENSUALES													
CONSUMO MENSUAL SISTEMA CONVENCIONAL		39.897	36.036	39.897	38.610	39.897	38.610	39.897	39.897	38.610	39.897	38.610	39.897
CONSUMO MENSUAL SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO		23.320	21.734	25.074	25.213	28.235	29.637	32.497	32.328	28.860	27.082	23.394	22.728
AHORRO MENSUAL		16.577	14.302	14.823	13.397	11.662	8.973	7.400	7.569	9.750	12.815	15.216	17.169
(zona 6) DATOS DE AHORRO ANUALES													
CONSUMO ANUAL SISTEMA CONVENCIONAL		469.755 KWh											
CONSUMO ANUAL SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO		320.101 KWh											
AHORRO ANUAL		149.654 KWh											
PORCENTAJE AHORRO ANUAL		31,86 %											
INSTALACION 2								CIRCUITO DE COMPRESIÓN SIMPLE CON NH3					
ECONOMIZADOR								Y					

**Figura. 6.4 - INSTALACIÓN 2 - COMPRESIÓN SIMPLE DE NH<sub>3</sub> CON ECONOMIZADOR**

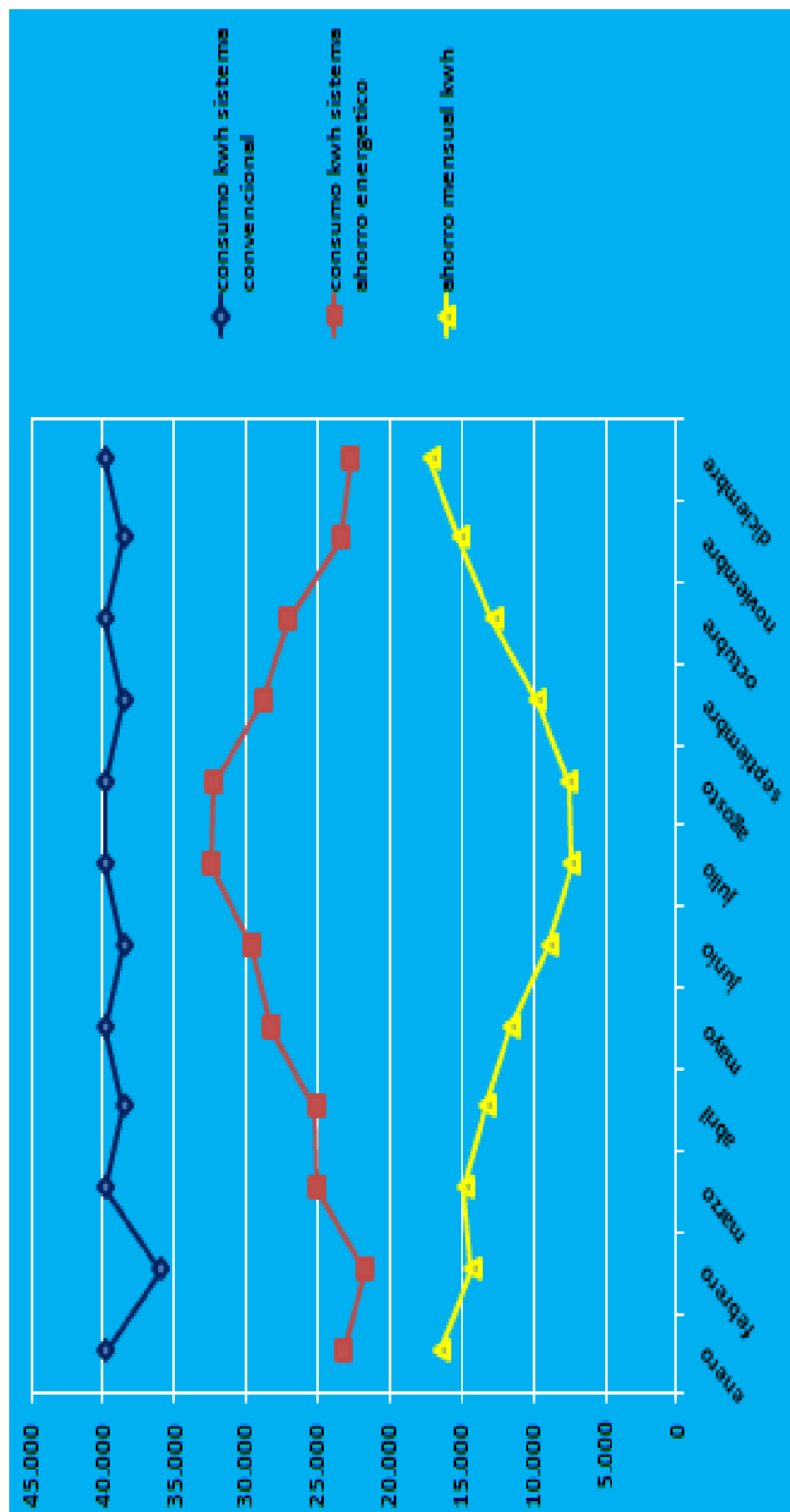


Tabla 6.5 - Resumen de consumos anuales y ahorros de la Instalación 2

Consumo anual, sistema convencional (kwh)	Consumo anual, sistema ahorro energético (kwh)	Ahorro energético anual (kwh)	Porcentaje de ahorro
469.755	320.101	149.654	31,86 %

#### **6.4 - AHORRO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN DE UN CIRCUITO EN CASCADA DE NH<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub> CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA**

En la tabla 6.6, correspondiente a la instalación 3 usando NH<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub> como refrigerantes, se pueden ver parámetros iguales que los de la tabla 6.1, correspondientes a la instalación 1, aunque se añade otro fluido frigorífico como el CO<sub>2</sub>, lo que implica nuevos datos y lecturas en el panel de control que se registran en dicha tabla, variando el número y modelo de compresores, las temperaturas de evaporación de NH<sub>3</sub> y de CO<sub>2</sub>, las horas de funcionamiento de 18 h/día, la temperatura máxima de bulbo húmedo de 27°C y como consecuencia la temperatura de condensación del NH<sub>3</sub> 37°C en el sistema convencional; en el sistema de ahorro energético cambia la reducción de las horas de funcionamiento y la temperatura de condensación del CO<sub>2</sub> tanto en el sistema convencional como en el sistema de ahorro energético.

En la zona 2 de la tabla 6.6, correspondiente al sistema convencional como puede verse se incluye el valor de la temperatura de condensación del NH<sub>3</sub>, zona 2 línea 1, y del CO<sub>2</sub>, zona 2 línea 2, los valores de potencia frigorífica de los compresores, zona 2 líneas 3-5-7, consumo de los compresores, zona 2 líneas 4-6-8, y el consumo global de la instalación, zona 2 línea 9, que tiene en cuenta los consumos de los compresores de NH<sub>3</sub> y de CO<sub>2</sub>, además de los motores de los evaporadores de CO<sub>2</sub>, motores de los evaporadores de las salas de alta y recintos de media y alta refrigerados por glicol, bombas de glicol y motores de los ventiladores del condensador evaporativo.

En la zona 3 de la tabla 6.6, correspondiente al "sistema de ahorro energético" como se observa igualmente se incluye los mismos parámetros que en el caso del sistema convencional, separando el consumo global de la parte correspondiente a la instalación de NH<sub>3</sub>, zona 3 línea 5, de la correspondiente al CO<sub>2</sub>, zona 3 línea 11.

##### **6.4.1 - INTERPRETACIÓN Y RESULTADOS ESPECÍFICOS**

Hay que tener en cuenta que aunque el tiempo de funcionamiento para diseño fue de 18 horas diarias en carga, valor que se mantiene constante en el caso del sistema convencional, el NH<sub>3</sub> en el caso de ahorro energético al tener una temperatura de condensación menor la potencia frigorífica que dan los compresores de NH<sub>3</sub> es mayor y la potencia absorbida(consumo) es menor, como se puede ver en la tabla 6.6, esto implica, al igual que en las instalaciones 1 y 2, una reducción del tiempo de trabajo de los compresores de NH<sub>3</sub>. Por otro lado en el caso del CO<sub>2</sub> la potencia y el consumo de los compresores se mantiene constante a lo largo de todo el año, tanto para el caso del sistema convencional como para el caso del sistema de ahorro energético, esto es debido a que la temperatura de condensación para el CO<sub>2</sub> de -8°C y se mantiene fija durante todo el año, en invierno incluso, pues nunca se va a llegar a alcanzar una temperatura de bulbo húmedo que permita tener una

temperatura del aire por debajo de  $-8^{\circ}\text{C}$ , por ello se condensa el  $\text{CO}_2$  aprovechando el calor de vaporización del  $\text{NH}_3$  a  $-12^{\circ}\text{C}$ . Esto implica que tanto en el caso del sistema de ahorro energético como en el sistema convencional, el hecho de no poder disminuir la temperatura de condensación del  $\text{CO}_2$  tiene gran influencia en la disminución del porcentaje de ahorro anual, comparado con el circuito de compresión simple de R-407F sin economizador, instalación 1, y con el circuito de compresión simple de  $\text{NH}_3$  con economizador, instalación 2.

Si por ejemplo se analiza en la tabla 6.6 los valores obtenidos para el mes de enero, con el sistema de ahorro energético se observa un aumento de potencia frigorífica debido a los compresores de  $\text{NH}_3$ , zona 3 líneas 3-7-9, con un valor de 1527 kw ( $967,4+104,6+455$ ) frente al sistema convencional cuya potencia frigorífica era 1433,29 kw, ( $872,79+104,6+455$ ), zona 2 líneas 3-5-7. El consumo en cambio disminuye en el sistema de ahorro energético debido a los compresores de  $\text{NH}_3$ , zona 3 líneas 4-8-10, con un valor de 306,83 kw ( $180,1+14,73+112$ ) frente al sistema convencional cuyo consumo era 390,83 kw ( $263,97+14,73+112$ ), zona 2 líneas 4-6-8. Esto implica una reducción de las horas de trabajo de 18 h a 16,24 h [ $18 / (967,4/872,79)$ ] en enero en el caso de los compresores de  $\text{NH}_3$ , de forma que este efecto de reducción del tiempo de trabajo se repite en los demás meses del año, dependiendo de la temperatura de condensación del  $\text{NH}_3$ , mientras que los compresores de  $\text{CO}_2$  continúan trabajando 18 horas.

De la tabla 6.6 se deduce para el mes de enero el consumo diario del sistema convencional en kwh, donde se han considerado los consumos de compresores de  $\text{NH}_3$ , de  $\text{CO}_2$  y de los motores, resultando un valor de 7.753 kwh ( $430,7\text{kw} \times 18\text{h}$ ) (zona 2 línea 9) y el consumo diario del sistema de ahorro energético en kwh, donde las lecturas efectuadas en el panel de control ya han tenido en cuenta el consumo real de compresores de  $\text{NH}_3$  (con la reducción de horas de trabajo), de compresores de  $\text{CO}_2$  y de motores resultando un valor de 5.556 kwh ( $187,25\text{kw} \times 16,24\text{h} + 139,73\text{kw} \times 18\text{h} = 3.040,9 + 2.515 = 5.556\text{ kwh}$ ) (zona 3 línea 5 x zona 4 línea 1 + zona 3 línea 11 x 18 h). Siguiendo el mismo procedimiento se obtienen los valores para el resto de los meses del año.

Los consumos mensuales globales, tanto para el caso del sistema convencional como para el sistema de ahorro energético, se obtienen multiplicando los valores obtenidos de los consumos diarios por el número de días del mes correspondiente, zona 5 líneas 1 y 2, y el ahorro mensual viene dado por la diferencia entre ambos valores.

Los consumos anuales se obtiene por la suma de los consumos mensuales a lo largo del año para ambos casos, zona 6 líneas 1 y 2, siendo 2.829.699 kwh para el sistema convencional y 2.259.016 kwh para el sistema de ahorro energético y el ahorro anual mediante la diferencia entre los consumos anuales de ambos casos

resultando ser 570.683 kwh, de donde se deduce que el porcentaje anual de ahorro anual es de 20,17%.

Es de notar que la reducción del porcentaje de ahorro anual disminuye en la instalación 3 respecto a las instalaciones 1 y 2, lo cual es consecuencia de que en el sistema de ahorro energético el tiempo de funcionamiento disminuye solo para los compresores de  $\text{NH}_3$ , pero no así para los compresores de  $\text{CO}_2$ , pues este fluido tiene que condensar a  $-8^\circ\text{C}$  por los motivos expuestos anteriormente.

En la figura 6.5 se sigue el mismo tipo de representación para consumos y ahorro que en las instalaciones 1 y 2. Los meses de julio y agosto presentan un máximo de consumo en el sistema de ahorro energético y un mínimo en ahorro energético.

En la tabla 6.7 se puede ver un resumen de los consumos anuales en el caso del sistema convencional y en el caso del sistema de ahorro energético, el ahorro energético anual y el porcentaje de ahorro entre los dos sistemas.



**Tabla 6.6 - INSTALACIÓN 3 - SISTEMA DE AHORRO ENERGÉTICO - SISTEMA FRIGORÍFICO EN CASCADA DE NH<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub>**

Compresores	OSKA 8581 (NH <sub>3</sub> )	4PSL-25K (CO <sub>2</sub> )	4NSL-30K (CO <sub>2</sub> )	Tiempo Funcionamiento	18 h/día
Nº Compresores	3	1	5	Delta Condensador (ΔT) NH <sub>3</sub>	10 °C
Temp.Evaporación	-12 °C	-28 °C	-40 °C	DATOS AÑO 2017	

(zona 1) DATOS METEOROLÓGICOS												
TEMPERATURA MÁXIMA DE BULBO HUMEDO °C	27 °C	TEMPERATURA BULBO HUMEDO MENSUAL SEGÚN AEMET - Toledo										
		ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPT	OCT	NOV
TEMP. BULBO HUMEDO °C		6,4	8,3	11,0	12,9	16,9	22,1	26,0	25,7	21,6	15,6	10,2
(zona 2) DATOS CENTRAL: SISTEMA CONVENCIONAL - COMPRESORES: 3 X OSKA 8581, 1 X 4PSL-25K Y 5 X 4NSL-30K												
TEMP. CONDENSACIÓN NH <sub>3</sub> °C		37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0
TEMP. CONDENSACIÓN CO <sub>2</sub> °C		-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
POTENCIA 3 COMPRESORES OSKA 8581 AL 100% (KW) - NH <sub>3</sub>		872,79	872,79	872,79	872,79	872,79	872,79	872,79	872,79	872,79	872,79	872,79
CONSUMO 3 COMPRESORES OSKA 8581 AL 100% (KW) - NH <sub>3</sub>		263,97	263,97	263,97	263,97	263,97	263,97	263,97	263,97	263,97	263,97	263,97
POTENCIA 1 COMPRESORES 4PSL-25K AL 100% (KW) - CO <sub>2</sub>		104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60
CONSUMO 1 COMPRESORES 4PSL-25K AL 100% (KW) - CO <sub>2</sub>		14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73
POTENCIA 5 COMPRESORES 4NSL-30K AL 100% (KW) - CO <sub>2</sub>		455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00
CONSUMO 5 COMPRESORES 4NSL-30K AL 100% (KW) - CO <sub>2</sub>		112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00
CONSUMO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN 100% (KW)		430,70	430,70	430,70	430,70	430,70	430,70	430,70	430,70	430,70	430,70	430,70
(zona 3) DATOS CENTRAL : SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO - COMPRESORES: 3 X OSKA 8581, 1 X 4PSL-25K Y 5 X 4NSL-30K												
TEMP. CONDENSACIÓN NH <sub>3</sub> °C		16,4	18,3	21,0	22,9	26,9	32,1	36,0	35,7	31,6	25,6	17,3
POTENCIA 3 COMPRESORES OSKA 8581 AL 100% (KW) - NH <sub>3</sub>		967,4	964,3	958,2	952,1	936,9	909,4	881,9	885,0	912,5	943,0	967,4
CONSUMO 3 COMPRESORES OSKA 8581 AL 100% (KW) - NH <sub>3</sub>		180,1	183,1	189,2	195,0	209,7	235,0	257,6	255,7	232,2	204,5	181,6
CONSUMO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN DE NH <sub>3</sub> AL 100% (KW)		187,25	190,43	196,77	202,81	218,04	244,38	267,87	265,96	241,53	212,64	188,84
TEMP. CONDENSACIÓN CO <sub>2</sub> °C		-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
POTENCIA 1 COMPRESORES 4PSL-25K AL 100% (KW) - CO <sub>2</sub>		104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60	104,60
CONSUMO 1 COMPRESORES 4PSL-25K AL 100% (KW) - CO <sub>2</sub>		14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73	14,73
POTENCIA 5 COMPRESORES 4NSL-30K AL 100% (KW) - CO <sub>2</sub>		455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00	455,00
CONSUMO 5 COMPRESORES 4NSL-30K AL 100% (KW) - CO <sub>2</sub>		112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00
CONSUMO GLOBAL DE LA INSTALACIÓN DE CO <sub>2</sub> AL 100% (KW)		139,73	139,73	139,73	139,73	139,73	139,73	139,73	139,73	139,73	139,73	139,73
(zona 4) REDUCCIÓN HORAS DE TRABAJO DIARIAS EN EL SISTEMA DE AHORRO ENERGÉTICO EN EL CIRCUITO DE NH <sub>3</sub>												
REDUCCIÓN HORAS DE TRABAJO EN SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO (h)		16,24	16,29	16,39	16,50	16,77	17,28	17,81	17,75	17,22	16,66	16,34
CONSUMO SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO CON LA REDUCCIÓN (KWh)		3,040,9	3,102,3	3,226,1	3,346,3	3,656,2	4,221,7	4,771,6	4,721,3	4,158,4	3,542,7	3,184,7
(zona 5) DATOS DE AHORRO MENSUALES												
CONSUMO GLOBAL MENSUAL SISTEMA CONVENCIONAL		240,331	217,073	240,331	232,578	240,331	232,578	240,331	240,331	232,578	240,331	240,331
CONSUMO GLOBAL MENSUAL SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO (REAL)		172,239	157,288	177,978	175,843	191,313	202,106	225,888	224,330	200,207	187,792	170,996
AHORRO MENSUAL (REAL CON LA REDUCCIÓN)		68,092	59,785	62,352	56,735	49,018	30,472	14,443	16,001	32,371	52,538	61,582
(zona 6) B8 DATOS DE AHORRO ANUALES												
CONSUMO ANUAL SISTEMA CONVENCIONAL		2.829.699 KWh										
CONSUMO ANUAL SISTEMA AHORRO ENERGÉTICO		2.259.016 KWh										
AHORRO ANUAL		570.683 KWh										
PORCENTAJE AHORRO ANUAL %		20,17 %										

INSTALACION 3  
CIRCUITO EN CASCADA NH<sub>3</sub> - CO<sub>2</sub>

**Figura. 6.5 - INSTALACIÓN 3 - SISTEMA FRIGORÍFICO EN CASCADA  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$**

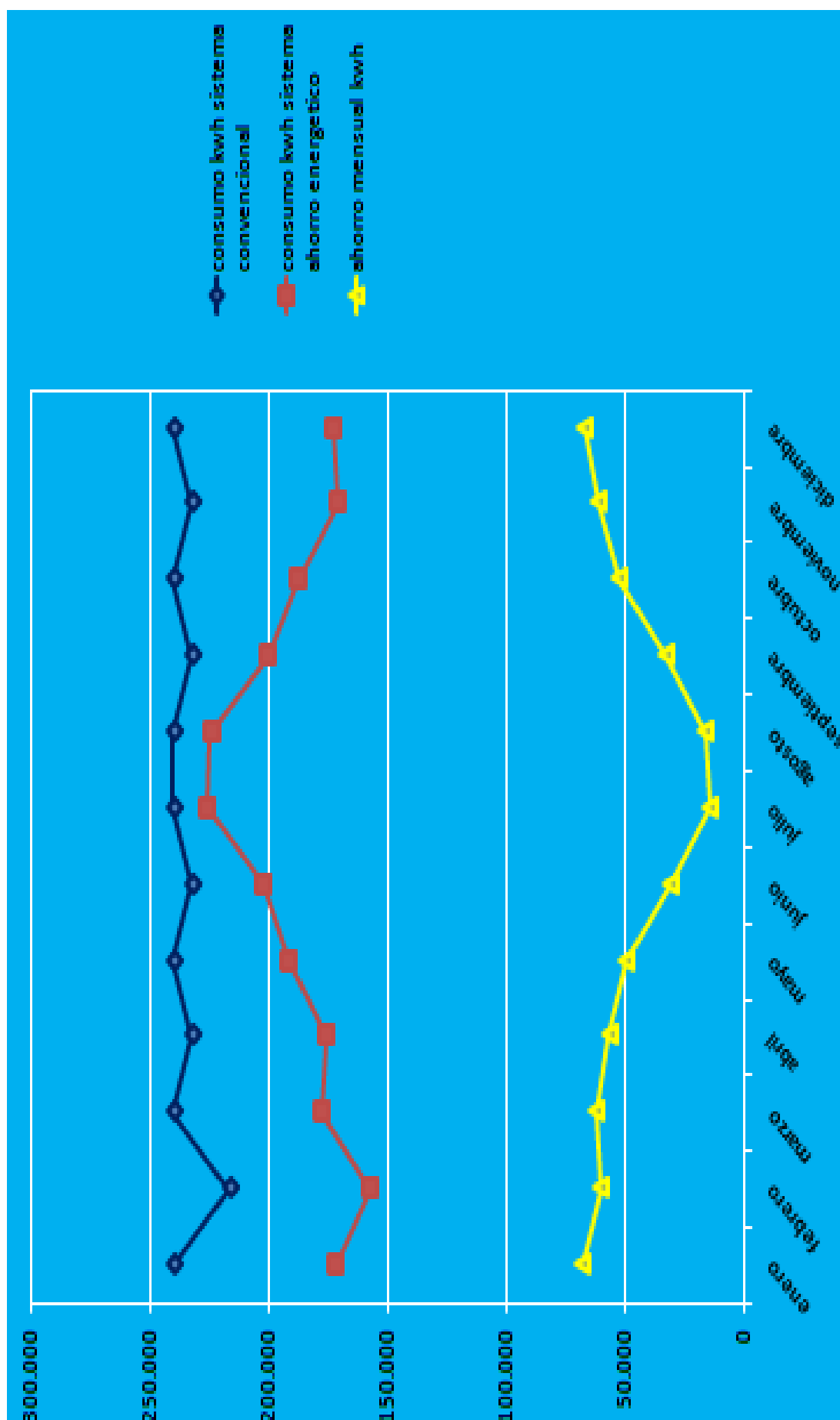


Tabla 6.7 - Resumen de consumos anuales y ahorros de la Instalación 3

Consumo anual, sistema convencional (kwh)	Consumo anual, sistema ahorro energético (kwh)	Ahorro energético anual (kwh)	Porcentaje de ahorro
2.829.699	2.259.016	570.683	20,17 %

## **BIBLIOGRAFÍA**

6.1 - Fundamentos de Refrigeración - ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración) - 2015





**BID**

Banco Interamericano de Desarrollo



---

## CAPITULO 7 - FINANCIACIÓN INTERNACIONAL

---



## **7 - FINANCIACIÓN INTERNACIONAL**

Las tres instalaciones frigoríficas industriales que se han estudiado y su optimización energética son aplicables en el caso de países en vías de desarrollo, con la finalidad de crear unas infraestructuras frigoríficas para el desarrollo de un "Plan Frigorífico Nacional" que aproveche los recursos propios en vez de dejar que se pudran o tener que importarlos.

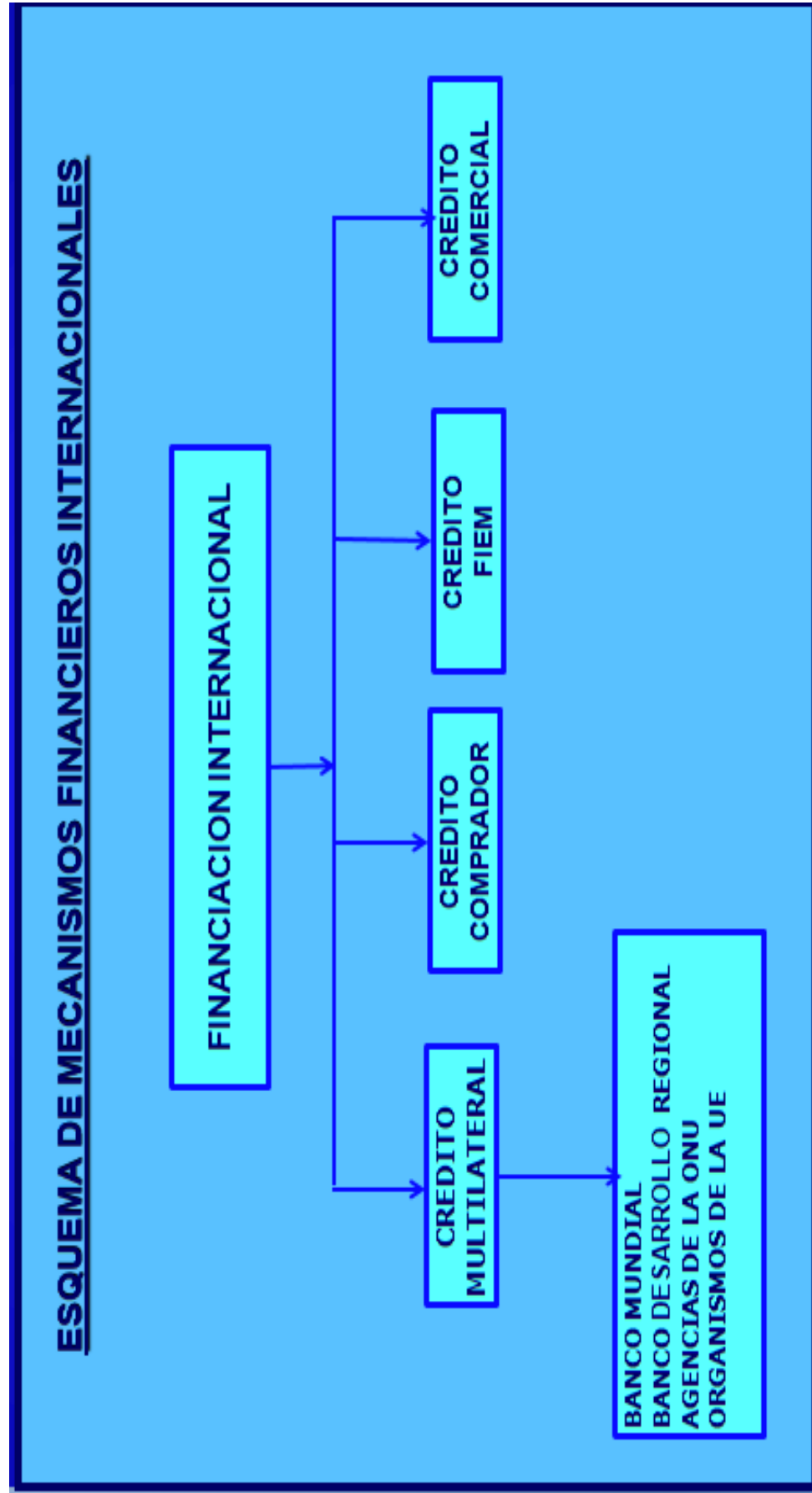
La primera gestión a realizar, es la de convencer a los Gobiernos de los países donde se pretenden implantar dichas infraestructuras, de la necesidad de las mismas, trámite generalmente fácil de conseguir dando los pasos apropiados, pues son conscientes de ello. El problema estriba en la dificultad de buscar una financiación que se adecue a dichos países y como llevarlo a efecto, ya que estos países están muy controlados por el FMI y WB (Banco Mundial) para sostener el nivel de gasto y endeudamiento, considerándose muchos de ellos países HIPC (países altamente endeudados) o PMA (países menos avanzados) sobre los que el control de dichas instituciones es muy estricto. Por tanto, la financiación es una variable crítica en la implementación de estos proyectos, para ello existen mecanismos de apoyo financiero a la exportación, especialmente desarrollados en los países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Aunque la financiación con apoyo oficial entraña algunas limitaciones, éstas pueden ser generalmente salvadas por instrumentos de financiación del mercado privado, es decir, sin apoyo oficial. Ambos instrumentos, crédito oficial y mercado privado, pueden ser combinados para maximizar sus ventajas (ref.7.1).

Sin embargo, con el fin de facilitar la obtención de la financiación, hay que servirse de los mecanismos que la permitan, aprovechando la existencia de líneas de financiación directa entre España y el país receptor de dicha financiación, como es el caso de Ecuador y Senegal dentro del Consenso OCDE.

Como créditos con apoyo oficial se pueden considerar los siguientes mecanismos crediticios, mostrados en el esquema 7.1, Créditos del Mercado Multilateral, Créditos FIEM, Créditos Comprador con cobertura CESCE (Compañía Española de Seguros a la Exportación S.A.) y Crédito Comercial.



## ESQUEMA 7.1 - MECANISMOS FINANCIEROS PARA PROYECTOS INTERNACIONALES



### **7.1 - CRÉDITO MULTILATERAL**

El mercado multilateral está integrado por Instituciones Financieras Internacionales, como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Africano y Asiático de Desarrollo, el Banco Centroamericano de Integración Económica y Banco de Desarrollo de América Latina entre otros. Es un mercado muy especializado y complicado que exige conocer en profundidad los procedimientos para participar en los procesos de licitación, promovidos por los distintos organismos y requiere de una gran inversión de tiempo y esfuerzo. No hay adjudicaciones directas, sino que son a través de licitaciones públicas, lo que debería de implicar una total transparencia, cosa que en ocasiones queda omitida pues quien prepara la licitación está ligado a algún contratista, en proyectos llave en mano, de forma que puede que se haga a su medida con diversas cláusulas que le puedan favorecer. No obstante, las empresas que deseen explotar esta vía para desarrollar su estrategia de internacionalización, han de tener en cuenta las dificultades que puede entrañar este mercado, en el que existe una fuerte competencia internacional. Con todo esto, resulta esencial conocer bien el funcionamiento de este mercado y como opera cada organismo internacional, su estrategia y procedimientos de licitación (ref.7.2).

Dada la complicación de este mecanismo, el tiempo y el gasto originado, además de tener que pasar por una licitación pública internacional, no es aplicable en este tipo de proyectos.

### **7.2 -CRÉDITO COMPRADOR**

El Crédito Comprador es una modalidad de financiación a la exportación a medio y largo plazo, destinada a financiar un Contrato de Exportación de bienes de equipo, servicios o proyectos "llave en mano", entre un exportador español (en el caso de España) y un importador extranjero (deudor).

El Crédito Comprador se entiende como un mandato irrevocable del importador al Banco Español, para convertir los pagos aplazados contenidos en el Contrato de Exportación en cobros al contado y en firme a favor del exportador, mediante la presentación de los documentos financieros requeridos. La concesión del Crédito Comprador está condicionada a que el importador asegure la operación con una Agencia de Crédito a la Exportación, CESCE en el caso de España. Esta modalidad de financiación está regida por el Consenso OCDE, que determina las normas básicas que ha de seguir cualquier financiación que cuente con cobertura de una Agencia de Crédito a la Exportación, actuando por cuenta del Estado. El apoyo oficial en España, a este tipo de operaciones, se basa en la existencia de un Contrato de Ajuste Recíproco de Intereses (CARI) a través del ICO con la Banca. Como los créditos los concede la Banca privada, se trata de arbitrar un sistema que permita a ésta prestar en condiciones favorables para el prestatario, pero a la vez sin sufrir pérdidas, lo que sin duda desaconsejaría a los bancos participar en este tipo de operaciones.

**Características del crédito**

El Crédito Comprador tiene las siguientes características:

a) pago anticipado. – el comprador extranjero efectuará, como mínimo y con fondos propios, un pago al contado equivalente al 15% del valor de los bienes y servicios exportados. El pago adelantado deberá hacerse en el punto de arranque del crédito o con anterioridad al mismo. Este pago anticipado podría ser financiado por el propio banco financiador, mediante un Crédito Comercial a dos o tres años máximo, a un interés menor que el de mercado.

b) importe del crédito. – el importe del crédito será, como máximo, la suma de los dos siguientes componentes: el 85% de los bienes y servicios exportados y en caso de existir gasto local, el 100% de dicho gasto, siempre que este último importe no supere el 30% de los bienes y servicios exportados.

El tiempo de amortización suele variar entre 5 y 10 años dependiendo del tiempo de ejecución y monto del proyecto; el tipo de interés toma como referencia el CIRR (Commercial Interest Reference Rates), publicado por la OCDE con validez mensual (del 15 al 14 de cada mes), más un margen fijado establecido por el banco. El interés, así obtenido, se mantendrá fijo en el momento de la entrada en vigor del Contrato Comercial. Es obligatorio que el comprador contrate una póliza de seguros con la empresa perteneciente a la administración del país que concede el crédito, que en este caso sería CESCE. El valor de la misma depende del país del que se trate, tipo de garantía del prestatario y período de amortización.

c) definición de bienes y servicios exportados - los bienes y servicios exportados incluirán: el 100% del valor de los bienes y servicios españoles incluidos en el contrato comercial, el 100% del importe de la prima del seguro de crédito a la exportación, siempre que este servicio sea prestado por la compañía española CESCE; el 100% del valor de los bienes y servicios exportados, en concepto de bienes y servicios de terceros país incorporados a la exportación, siempre que el valor de los bienes y servicios exportados en concepto de material extranjero, no supere el 15% del valor de los bienes y servicios exportados. Cuando los bienes y servicios exportados procedan de países de la Unión Europea, podrá autorizarse un porcentaje de financiación, de los bienes y servicios de estos países, de hasta el 30% de los bienes y servicios exportados; el 100% del valor de las comisiones comerciales, siempre y cuando estas no superen el 5% de los bienes y servicios exportados; hasta un 100% del importe de las comisiones financieras devengadas por el crédito a la exportación con apoyo oficial, concedido por entidades financiadoras españolas pagaderas por el importador; hasta un 100% del importe de los intereses devengados y capitalizados por el crédito comprador con apoyo oficial, concedido por entidades financiadoras españolas, durante el período de utilización del mismo, cuando en el convenio de crédito se haya previsto hacer disposiciones durante dicho período (ref.7.3).

La metodología a seguir para su aplicación se expone en el Anexo A.11.1

El Crédito Comprador es la financiación más apropiada para el caso de Ecuador, pues consultado CESCE en la actualidad todavía existe disponibilidad de fondos para la línea de financiación entre ambos países, para poder ser utilizada para este tipo de proyectos.

### **7.3 - CRÉDITO FIEM**

El Crédito FIEM (créditos a la internacionalización de la empresa) permite financiar la exportación de bienes y servicios, como consecuencia de un contrato entre una empresa española y una entidad pública o privada extranjera.

Puede financiar proyectos en los plazos de amortización máximos permitidos por la OCDE, llegando hasta los 18 años en determinados sectores y permitiendo a los exportadores españoles competir en igualdad de condiciones financieras con sus competidores. Supone la modernización del antiguo Fondo de Ayuda al Desarrollo (FAD), ya que permite aceptar garantías corporativas o de proyecto, además de las públicas. Como sectores económicos prioritarios objetivo del Estado Español, como puede leerse en el documento emitido por el Ministerio de Industria sobre "Fondo para la Internacionalización de la Empresa (FIEM) - Líneas Orientativas 2.018", pueden considerarse los proyectos llave en mano del sector agroindustrial, entre otros, por su capacidad de creación de cadenas de valor, permitiendo nuevas oportunidades en el exterior y generando el efecto de arrastre para otras empresas españolas, así como la creación continua de la imagen de país, siendo la solvencia del deudor un factor de gran importancia que podría ser el propio Ministerio de Finanzas del país comprador.

Las condiciones financieras del FIEM vienen enmarcadas por el Consenso de la OCDE sobre Crédito a la Exportación. Este tipo de crédito puede financiar hasta el 100% de la operación o tener un grado de mezcla de Crédito Concesional con Crédito Comercial, dependiendo del país y de las necesidades del cliente.

#### **Características del crédito**

a) La "Financiación con Crédito Concesional" (o por debajo de mercado) está ligada a la exportación de bienes y servicios. Esta financiación se rige según las normas siguientes: los países elegibles deben de ser declarados por la OCDE como susceptibles de ser receptores de ayuda ligada (el comprador debe de comprar los bienes y servicios al país que concede el crédito), según su nivel de renta conforme a los criterios del Banco Mundial; las garantías exigidas pueden ser garantía soberana o subsoberana; el grado de concesionalidad será al menos el 35% como regla general, pudiéndose alcanzar un 50% en los Países Menos Avanzados (PMA); la financiación de gasto local y material extranjero para los créditos, préstamos o líneas de crédito reembolsable concesional, se podrá financiar un porcentaje superior al 50% de los bienes y servicios exportados en concepto de material extranjero y gasto local conjuntamente considerados, siempre que la financiación del material extranjero y del gasto local con cargo al FIEM no impida poder financiar hasta el 100% de los bienes y servicios españoles exportados y como anticipo se

exigirá al menos el 15% del valor de los bienes y servicios exportados, que podrá ser financiado con cargo al FIEM.

Aunque el procedimiento de adjudicación según el Reglamento FIEM dice que, este tipo de financiación dará apoyo preferente a los proyectos adjudicados por licitación pública o internacional, podrán financiarse con cargo al FIEM los proyectos adjudicados por otros procedimientos, como adjudicación directa y en estos casos, la Dirección General de Comercio Internacional e Inversiones podrá solicitar una auditoría de precios sobre las ofertas adjudicadas.

b) La "Financiación con Crédito Comercial" se rige según las normas siguientes: se exigirán garantías suficientes para asegurar la solvencia del deudor, estas podrán ser de naturaleza pública (soberana o subsoberana) o privada (corporativa o de proyecto); el tipo de interés fijo mínimo será el CIRR (Commercial Interest Reference Rates) establecido por la OCDE; el crédito FIEM deberá cargar el equivalente a la prima de riesgo que cargaría CESCE, si aplicase una cobertura de riesgo a una operación comercial, dicha prima dependerá entre otras variables del país de destino, del periodo de desembolso del crédito y del plazo de amortización, cobrándose de forma anualizada mediante un sobremargen al tipo de interés; el tipo de amortización sería semestral y cantidades iguales; el plazo de amortización se establece en un máximo de 8,5 años o 10 años según sea la categoría país I o II según normativa OCDE y Española; los gastos locales se puede financiar hasta un 100% de los mismos, siempre y cuando esta cuantía no supere el 30% de los bienes y servicios exportados; los bienes y servicios extranjeros se podrán financiar hasta el 100% de los bienes y servicios exportados en concepto de material extranjero, siempre que la financiación del material extranjero con cargo al FIEM no impida poder financiar hasta el 100% de los bienes y servicios españoles exportados; las comisiones podrán cubrir hasta un 100% de las mismas, siempre y cuando no superen el 5% de los bienes y servicios exportados; el crédito se podrá financiar como máximo un 85% de los bienes y servicios exportados, al que se añadirá el gasto local financiado y deberá de haber un anticipo de al menos el 15% del contrato que debe ser financiado por fondos sin apoyo oficial (ref 7.4)

La metodología a seguir para su aplicación se expone en el Anexo A.11.2

El Crédito FIEM es la financiación más apropiada para el caso de Senegal pues como puede verse, en el documento "Fondo para la internacionalización de la Empresa (FIEM) -Líneas Orientativas 2.018", emitido por el Ministerio de Comercio, Senegal es considerado como país de interés especial aún estando considerado como país HIPC

#### **7.4 - CRÉDITO COMERCIAL**

Los créditos comerciales son una modalidad de financiación a medio plazo, destinados a financiar la parte no incluida en el Crédito Comprador o en el Crédito FIEM para los contratos de exportación de bienes de equipo, servicios o proyectos "llave en mano" entre un exportador español (en el caso de España) y un importador extranjero (importador/deudor).

Este crédito se emplea en el caso del Crédito Comprador o del Crédito FIEM para cubrir la parte no financiada por dichos créditos, bien como adelanto (downpayment) del 15% exigido por el Crédito Comprador a pagar con fondos propios o como complemento de la parte concedida como Crédito Concesional en el caso del Crédito FIEM, siguiendo la normativa del mismo.

El banco que concede este crédito en ambos casos suele ser el mismo que tramita el Crédito Comprador o el Crédito FIEM

### **7.5 - INCOTERMS**

Son términos, de tres letras cada uno, que reflejan las normas de aceptación voluntaria entre el comprador y el vendedor, sobre las condiciones y lugar de entrega de las mercancías. Es importante tanto en los Créditos Comprador como en los Créditos FIEM, que serían los que se utilizarían para implementar las instalaciones estudiadas en este trabajo, así como en los Contratos Comerciales hacer siempre referencia a los INCOTERMS y al año de referencia de los mismos, cuyo detalle se muestra en el Anexo 11.3 (ref.7.5).

...

## **BIBLIOGRAFÍA**

7.1- Escuela de Organización Industrial. Servicios Asociados a Internacionalización. María José Cano & Begoña Bevia 2015

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/eoi\_mbapt\_gestioninternacional\_2015.pdf

7.2 - Oportunidades de negocio ligadas al mercado multilateral. Pymes 09/04/2015

7.3 - Orden ITC/138/2009 de 28 de enero. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio "BOE" núm.30, de 4 de febrero de 2009, Referencia: BOE-A-2009-1851. Texto Consolidado del 28 de Septiembre de 2013

7.4 - Ministerio de Economía y Competitividad. Real decreto 1797/2010, en vigor desde 20 de enero de 2011, que establece el Reglamento del FIEM.

7.5 - Incoterms - Curso de Especialistas en Comercio Exterior . Editado por ICEX y el Consejo Superior de Cámaras de Comercio, Industria Navegación de España, 2ª Edición, 1996.



---

## **CAPITULO 8 - CONCLUSIONES**

---





## 8 – CONCLUSIONES

8.1 - Se han clasificado los países mediante el cálculo de los siguientes índices: Índice de Desarrollo Humano para establecer el orden de clasificación, Índice de Desarrollo Humano ajustado por Desigualdad para mostrar las diferencias de clases, Índice de Desarrollo de Género e Índice de Desigualdad de Género para cuantificar el primero la desigualdad social entre hombres y mujeres y el segundo la discriminación de género en el desarrollo humano e Índice de Pobreza Multidisciplinar para mostrar las zonas más pobres de un país. Se define un país en vías de desarrollo cuando el valor del Índice de Desarrollo Humano está comprendido en el intervalo de 0,8 y 0,5.

8.2 - Los países en vías de desarrollo seleccionados para instalar una red frigorífica destinada a conservar sus productos perecederos son, Ecuador y Senegal. Entre ocho países identificados, con los criterios propuestos en este trabajo, ambos países reúnen las características de tener la agricultura y la pesca como base de su economía y fuente principal de generación de empleo, teniendo la mujer un papel importante en su aportación de mano obra en ambas actividades.

8.2.1 - Se han calculado las cantidades de alimentos que pueden conservarse con una adecuada red frigorífica en Ecuador resultando 3.280.000 Tm/año, que necesitarían 239.000 m<sup>3</sup> de almacenes frigoríficos, distribuidos en 32 localidades, cuya inversión sería de 118 millones de euros. Con un precio medio de mercado, para productos perecederos, de 300 €/Tm el PIB aumentaría en 908.400.000 €/año. El proyecto sería financiable desde España mediante un Crédito Comprador dentro del consenso OCDE

8.2.2 - El mismo cálculo hecho para Senegal da como resultado 480.000 Tm/año y 59.000 m<sup>3</sup> de almacenes frigoríficos, a ubicar en 12 emplazamientos, con una inversión de 34.500.000 €. El PIB aumentaría en 144.000.000 €/año. El proyecto sería financiable desde España mediante un Crédito FIEM (Fondo para la Internacionalización de la Empresa)

8.3 - Se han diseñado, puesto en funcionamiento y operado tres instalaciones frigoríficas que permiten conservar distintas cantidades de alimentos perecederos con diferentes eficiencias energéticas. En cada una de las tres instalaciones se ha incorporado un sistema electrónico para optimizar el consumo de energía, consistente en condensar en función de la temperatura de bulbo húmedo existente en cada momento, aumentar la temperatura de evaporación siempre que sea posible cuando la carga térmica sea reducida, utilizar válvulas de expansión electrónica y variadores de frecuencia en la aspiración de los compresores y en los ventiladores de los condensadores evaporativos.

8.3.1 - La instalación 1 dispone de 5 cámaras de congelado de 363 m<sup>3</sup> de capacidad unitaria, con una densidad de almacenamiento entre 165 y 195 kg/m<sup>3</sup> y utiliza R-407F como fluido refrigerante. Se ha comprobado su correcto funcionamiento manteniendo 60 Tm de vegetales congelados envasados al vacío y 70 Tm de carne congelada durante tres días en cámaras distintas. Operando con el sistema de ahorro energético instalado se puede reducir el consumo hasta el 40%.

8.3.2 - La instalación 2 consta de 2 cámaras de congelados de 3.939 m<sup>3</sup> y 3.150 m<sup>3</sup> de capacidad, con una densidad de almacenamiento entre 160 y 127 kg/m<sup>3</sup> la primera y entre 159 y 127 kg/m<sup>3</sup> la segunda, utilizando NH<sub>3</sub> como fluido refrigerante. Se ha comprobado su correcto funcionamiento manteniendo 600 Tm de pescado congelado en la primera cámara y 500 Tm de carne congelada en la segunda durante ocho días. Operando con el sistema de ahorro energético instalado se puede reducir el consumo hasta el 32%.

8.3.3 - La instalación 3 consta de 2 túneles de congelación de 15 Tm/d y 30 Tm/d con 203 m<sup>3</sup> y 363 m<sup>3</sup> de capacidad; 1 cámaras de congelados de 5.062 m<sup>3</sup> con una capacidad entre 1.000 y 1.200 Tm; 4 cámaras de fresco, la primera de 566 m<sup>3</sup> con capacidad entre 50 y 60 Tm, la segunda de 424 m<sup>3</sup> con capacidad entre 30 y 40 Tm, la tercera y la cuarta de 258 m<sup>3</sup> con capacidad entre 40 y 45 Tm cada una. Adicionalmente consta de salas de procesamiento, envasado y pasillos. Esta instalación utiliza NH<sub>3</sub>-CO<sub>2</sub> y glicol como refrigerantes. Se ha comprobado su correcto funcionamiento, congelando en el primer túnel 15 Tm de carne en 16 horas y en el segundo 30 Tm de pescado en 17 horas, manteniendo en la cámara de congelados 1.100 Tm de pescado y carne durante diez días, en la primera cámara de fresco 53 Tm de fruta durante cinco días, en la segunda 38 Tm de carne fresca para despiece durante un día, en la tercera 42 Tm de pescado durante dos días y en la cuarta 44 Tm de vegetales durante cinco días. Operando con el sistema de ahorro energético instalado se puede reducir el consumo hasta el 20%.

---

## **CAPITULO 9 - ANEXOS**

---



**ANEXO 1 - PRODUCCIONES AGRÍCOLAS EN ÁFRICA POR PAÍSES Y PRODUCTOS****Tabla A.1.1 - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de África Norte ( en miles de Tm/año)**

<b>AFRICA NORTE</b>					
(ref.3.5)	<b>Argelia</b>	<b>Túnez</b>	<b>Libia</b>	<b>Egipto</b>	<b>Marruecos</b>
<b>Aguacate</b>		1			44
<b>Albaricoque</b>	257	31	25	102	71
<b>Banana</b>	1			1.341	334
<b>Batata</b>				386	
<b>Berenjena</b>	127	1	3	1.194	23
<b>Calabaza</b>	271	90	35	463	190
<b>Cebolla</b>	1	282	50		27
<b>Cereza</b>	7	6			8
<b>Pimiento</b>	597	437	28	637	174
<b>Ciruela</b>	102	16	52	12	124
<b>Coliflor</b>	205	14	5	172	60
<b>Dátil</b>	1.029	241	174	1.695	125
<b>Fresas</b>		10		465	137
<b>Espinacas</b>				44	
<b>Cítricos</b>	1	139		7	19
<b>Fruta</b>	102	76	5	448	52
<b>F.Tropical</b>		97		27	1
<b>Guisantes</b>	127	50	7	194	76
<b>Hortaliza</b>	944	95	70	660	178
<b>H.Legumi.</b>	273	105	20	65	117
<b>Judía Ver.</b>	79	1		287	165
<b>Lechuga</b>		77		101	5
<b>Legumbre</b>	1	26		7	18
<b>Mango</b>				1.277	
<b>Limas</b>	75	58	21	341	36
<b>Manzana</b>	503	126	22	731	406
<b>Melocotón</b>	169	123	13	266	95
<b>Melones</b>		100	26	1.060	520
<b>Naranjas</b>	893	112	50	3.438	909
<b>Patatas</b>	4.782	440	338	5.029	174
<b>Pepinos</b>	139	71	13	520	42
<b>Peras</b>	212	16	2	60	28
<b>Sandía</b>	1.877	541	220	1.680	438
<b>Mandarina</b>	234	69	10	1.020	1.077
<b>Tomate</b>	1.280	1.303	216	7.943	123
<b>Uva</b>	571	134	33	1.717	265
<b>Zanahoria</b>	420	196	28	196	394

**Tabla A.1.2 - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de África Central ( en miles de Tm/año)**

AFRICA CENTRAL								
(ref.3.5)	Gabón	G. Ecuat.	Rep. Congo	Santo Tomé	Camerún	Rep. Democ Congo	Chad	Rep. Centro africana
Aguacate			9			65		30
Banana	18	30	81	44	70	311		113
Batata	4	97	7					
Berenjena	1		3		3			
Calabaza					186	29		
Cebolla								
Cereza								
Pimiento					59			
Ciruela					1			
Coliflor								
Dátil					1		20	
Esparrago								
Fresas								
Espinacas								
Cítricos	1							
Fruta	16		29	5	140	82	66	
F.Tropical								
Guisantes								
Hortaliza	46		38	2	775	417	86	71
H.Legumi.								41
Judía Ver.			4			5		
Lechuga			1			16		
Legumbre	1		1		4	43	25	
Mango			44		1	3	35	
Limas			5			67		3
Plátanos	274	40	86		4.314	1.107		85
Manzana								
Mango								11
Melocotón					1			
Melones					48			
Naranjas	1.001					171		30
Patatas			6		377	100	37	2
Papaya			4			215		
Pepinos					283	1		
Peras								
Sandía					74			
Mandarina			2					
Tomate	1		4		1.182	49		
Yuca	314	72	1.365	1	5.501	14.677	264	714
Zanahoria			1			1		

**Tabla A.1.3 - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de África Este (en miles de Tm/año)**

AFRICA ESTE								
(ref.3.5)	Kenia	Tanzania	Ruanda	Sudán	Uganda	Yibuti	Etiopía	Eritrea
Aguacate	176		10				65	
Banana	1288	3560	3.038	910	583		538	
Batata	700	3.825	920	240	2.130		1.940	
Berenjena			23	87				
Calabaza			280	41				
Cebolla							36	
Cereza								
Pimiento	3	2	5	38			61	
Ciruela	2	5						
Coliflor	1			1				
Dátil	1			440				
Esparrago								
Fresas	1							
Cítricos	90	45					4	
Fruta	120	202	76	350	53		130	5
F.Tropical	42	51	26				49	
Guisantes	74	10					4	
Hortaliza	606	1.785	71	325	917		556	40
H.Legumi.	2	10					12	
Judía Ver.	35	6	9	1			7	
Lechuga	11						1	
Legumbre	101	137		93			116	26
Limas	19	16	16	270			8	
Plátanos	32	573			3.710			
Manzana	1							
Mango	735	4.275	11	786			125	
Melocotón	1						1	
Melones				46				
Naranjas	85	465	8	153			21	
Patatas	1.335	1.500	751	415	170		921	1
Papaya	128		3				51	
Pepinos	2			249			2	
Peras	5	6						
Sandía	173	30		172				
Raíces y Tuberc.	19	3					5.564	
Tomate	410	540	118	618	39		29	
Uva		6					6	
Yuca	5718	5.575	3.537		2.885			
Zanahoria	111		11	48			9	



**Tabla A.1.4 - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de África Sur ( en miles de Tm/año)**

AFRICA SUR											
(ref.3.5)	Seych	Botswana	Sud Africa	Namb.	Zamb.	Angol.	Zimbawe	Madagasc	Comores	Lesotho	Malawi Mozamb
Albaricoq.			26								
Aguacate			87				2	26			
Banana			310		1	3.858	105	374	45		442/517
Batata			62		232	1.830	2	1.115	8		- / 730
Berenjena								2			
Calabaza			420								- / 1
Cebolla						28		1	1		
Cereza			1								
Pimiento			1	2			3	2			
Ciruela			82				1	3			
Coliflor			13				1	1			
Dátil				1							
Fresas			8				1				
Cítricos			11			277	1				3
Fruta	1	6	72	24	26	40	4	10	4	13	232/127
F.Tropical	1				84		2	262			2/23
Guisantes			9				11	1,5			2
Hortaliza	3	43	139	21	373	354	187	355	4	32	2/218
H.Legumi.							1				1
Judía Ver.			24				4	2			
Lechuga			35				1	1			
Legumbre		8		22	31		5	12	15		- / 211
Limas			323				18	6			- / 4
Plátanos											414
Manzana			918				7	7			
Mango			130				2	288			135/29
Melocotón			180				1	10			
Melones			18	1			1				
Naranjas		1	1.367	3	4		98	84			- / 65
Patatas			2.150	16	25	722	65	239	1	122	1.045/ 247
Papaya			10								- / 42
Pepinos			28				1	1			
Peras			433				1	2			
Sandía			62	4							
Raíces y Tuberc.		102		364			2				1/10
Tomate	1		580	10	26	16	25	42	1		42 / 374
Uva			2.009	27			3,4	13,4			
Yuca	0,3				1.010	9.982	328	2.630	66		5.089 / 91000
Zanahoria			214	3			0,2	8,6			

**Tabla A.1.5 - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de África Oeste ( en miles de Tm/año)**

AFRICA OESTE										
(ref.3.5)	Cabo Verde	Ghana	Nigeria	Mauritania	Seneg.	Togo	Benin	Costa Marfil	Gambia	Mali
Albaricoq.										
Aguacate		9,1						37		
Banana	10,5	87			38	27	17	331		164
Batata	0,6	143	3.920	2,4	36		58	50		545
Berenjena		51			5			94		89
Calabaza	0,8				18			20		57
Cebolla			248					8		530
Cereza										
Pimiento		122	746				88	27		40
Ciruela										
Coliflor										
Col	3				60					67
Dátil				23			1,4			0,7
Esparrago										
Fresas										
Espinacas										
Cítricos			4.062					42		
Fruta	1,4	70	1.242	3,5	32	26	120	22	8,5	1,4
F.Tropical					12			49		
Guisantes										8,2
Hortaliza	5,6	12,2	7.053	4,6	40	137	172	143	13	300
H.Legumi.										
Judía Ver.	0,2	26,5			14,7			5		2,7
Lechuga	1,4									53
Legumbre	8,7	26	65	21,6		7,7	44	17	2,5	0,4
Limas		50								28
Plátanos		3.952	3088					1.590		
Mango	3,3	100	917		123		15,5	57	1,5	15,4
Naranjas		690			49	14,1	14,6	40		487
Patatas	2		1.246	2,4	64		1,4			210
Papaya		5,6	836					16		55
Pepinos	2	0,2						22		65
Sandía	1,6			0,4	259					551
Raices y Tuberc		0,2						36		
Tomate	15	367	2.243		163	5,6	335	29		201
Yuca	5,5	17.800	57.134		421	1.027	4.318	3.210	11,2	119
Zanahoria	4		226		7,2					16

**Tabla A.1.5 (continuación) - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de África Oeste ( en miles de Tm/año)**

	AFRICA OESTE					
(ref.3.5)	Liberia	G.Bissau	Sierra Leona	Guinea	Burkina Fasso	Niger
Banana	139	7		213		
Batata	24		311	200	79	109
Berenjena						7
Calabaza						123
Cebolla					19	680
Cereza						
Pimiento					8	224
Ciruela						
Coliflor						
Col						340
Dátil						19
Esparrago						
Fresas						
Espinacas						
Cítricos			107	235		
Fruta		23	99		77	370
F.Tropical	3,3			52	10	
Guisantes						20
Hortaliza	85	35	332	256	215	84
H.Legumi.						5,6
Judía Ver.					10	33
Lechuga						175
Legumbre	4	3,2	76	59	19	14,3
Limas		4,2			0,4	
Plátanos	51	54	46	469		
Mango		9	22	175	14	182
Melones				3		5,6
Naranjas	8	7			0.6	
Patatas				61	1,5	161
Papaya		3,2				
Pepinos						0,5
Sandía						34
Mandarina						
Raíces y Tuberc.		90				
Tomate	2,7		20,4		12	270
Yuca	530	54	4.778	1.500	5	147
Zanahoria						37

.Tabla A.1.6 - Producción Agrícola (miles Tm/año) en África por Zona y País

PAISES (ref.3.4)	raíces & tubérculos	frutas & hortalizas	TOTAL
<b>AFRICA DEL NORTE</b>			
Argelia	4.783	10.496	15.279
Túnez	722	4.362	5.084
Libia	388	1.078	1.466
Egipto	515	28.170	33.585
Marruecos	201	6.254	6.455
<b>AFRICA CENTRAL</b>			
Gabón	318	1.362	1.680
G.Ecuatorial	169	70	239
Rep. del Congo	1.378	312	1.690
Santo Tomé	1	51	51
Camerún	5.878	7.142	7.142
Rep. Democr. Congo	14.777	2.582	2.582
Chad	301	232	232
Rep. Centro Africana	716	384	384
<b>AFRICA DEL ESTE</b>			
Kenia	7.772	4.256	12.028
Tanzania	10.903	11.724	22.627
Ruanda	5.208	3.705	8.913
Sudán Norte	655	4.628	5.283
Uganda	5.185	5.302	1.087
Etiopia	8.461	1.795	10.256
Eritrea	1	71	72
Burundi	3.267	1.567	4.834
Somalia	102	305	407
<b>AFRICA SUR</b>			
Seychelles	1	6	7
Botswana	102	58	160
Sudáfrica	2.212	7.508	9.720
Namibia	380	118	498
Zambia	1.267	545	1.812
Angola	12.562	4.545	17.107
Zimbabue	397	488	885
Madagascar	2.878	2.621	5.499
Comoras	76	69	145
Lesotho	122	45	167
Malawi	5.212	2.198	7.410
Mozambique	91.977	2.041	94.018

<b>PAISES</b> <b>(ref.3.4)</b>	<b>raíces &amp; tubérculos</b>	<b>frutas &amp; hortalizas</b>	<b>TOTAL</b>
<b>AFRICA OESTE</b>			
Cabo Verde	9	62	71
Ghana	17.944	5.572	23.516
Nigeria	62.300	20.726	83.026
Mauritania	6	55	61
Senegal	521	822	1.343
Togo	1.027	219	1.246
Benín	4.378	809	5.187
Costa de Marfil	3.304	2.541	5.845
Gambia	12	27	39
Mali	530	3.079	3.609
Liberia	554	294	848
G.Bissau	90	202	292
Sierra Leona	5.089	703	5.792
Guinea	1.761	1.462	3.223
Burkina Fasso	105	366	471
Níger	1.097	1.946	3.043

## ANEXO 2 - PRODUCCIONES AGRÍCOLAS EN LATINOAMÉRICA POR PAÍSES Y PRODUCTOS

Tabla A.2.1 - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de Latinoamérica ( en miles de Tm/año)

(ref.3.5)	El Salvador	Guatemala	Honduras	México	Nicaragua	Panamá
Albaricoq.				0,9		
Aguacate	11	122	2	1.890		9
Banana		3.775	708	2.384	106	259
Batata	1		8	69		
Berenjena			16	172		
Calabaza	8		5	677		
Cebolla				100		
Cereza				1		
Pimiento	9	54	17	2.737	17	2,5
Ciruela				78		
Coliflor		118	1	584		
Dátil				8		
Esparrago				217		
Fresas		15		468		
Cítricos		73	1	172	1	
Fruta	12	99	72	513	16	
F.Tropical				486		
Guisantes		31		61		
Hortaliza	29	144	60	865	12	5
H.Legumi.		28		83		
Judía Ver.		22		88		
Lechuga		88	2	440		5
Legumbre		25		1		3
Limas	18	136	11	2.430		
Plátanos	41	348	95		190	110
Manzana	52	27	1	717		
Mango	28	125	26	2.198		8
Melocotón		49		177		
Melones	1	624		594		9
Naranjas	70	177	271	4.600	111	48
Patatas	14	538	27	1.800	40	26
Papaya	8	97	8	952		8
Pepinos	6		69	886		3
Peras				27		
Sandía	31	132	98	1.200		32
Raíces y Tuberc.			6	247	88	1
Tomate	18	315	163	4.050	74	18
Uva		19	1	351		
Yuca	35	5	25	21	188	14
Zanahoria		92	5	325	18	5

**Tabla A.2.2 - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de Latinoamérica ( en miles de Tm/año)**

(ref.3.5)	Argentina	Bolivia	Brasil	Chile	Colombia
Albaricoq.	27			9	
Aguacate	4	13	196	138	310
Banana	175	300	680		2.045
Batata	340	5	670	16	
Berenjena					4
Calabaza	272	24		93	73
Cebolla					
Cereza	7	1		13	
Pimiento	148	11		32	24
Ciruela	156	3		295	14
Coliflor		1		25	12
Dátil					
Esparrago	10			108	
Fresas	13	3	4	26	59
Espinacas					
Cítricos					712
Fruta		5		15	732
F.Tropical			704		589
Guisantes	28	23		16	57
Hortaliza	770	6	3.015	127	240
H.Legumi.		38		17	3
Judía Ver.	4	2		40	
Kiwis				23	
Lechuga		19		84	79
Legumbre					
Limas	1.680	32	1.265	135	144
Plátanos		470	1.049		3.540
Manzana	970	3		1.760	3
Mango	2,2	17	1.417		314
Melocotón	250	55	192	337	32
Melones	82		596	47	63
Naranjas	1.032	185	17.250	130	256
Patatas	1.750	1.073	3.850	1.170	2.355
Papaya	2	188	1.425	3	188
Pepinos		5		34	31
Peras	905	2	15	300	20
Sandía	127	61	2.090	48	140
Mandarina					
Raíces y Tuberc.		48			86
Tomate	664	62	4.170	1.000	645
Uva	1.760	21	985	2.480	25
Yuca	191	200	21.085		2.100
Zanahoria	302	42		150	238

**Tabla A.2.3 (continuación) - Producciones Agrícolas de productos perecederos por especies en los países considerados de Latinoamérica ( en miles de Tm/año)**

Suramérica						
(ref.3.5)	Ecuador	Paraguay	Perú	Suriname	Uruguay	Venezuela
Albaricoq.	1		1			
Aguacate	16	16	456			90
Banana	6.530	72	343	61		470
Batata	4	50	270	1	80	19
Berenjena			1			18
Calabaza	4	9	221		25	98
Cebolla	99	8				56
Cereza			1	1		
Pimiento	8	7	131		15	124
Ciruela	9	2	9		2	
Coliflor	136		20			26
Dátil			1			
Esparrago	2		378			
Fresas	2	4	26			28
Cítricos	20		67	4		
Fruta	233	16	100		5	97
F.Tropical	46	20	200	1		24
Guisantes	10		120			
Hortaliza	28	23	54	22	40	94
H.Legumi.	20		64			
Judía Ver.	27		15	3	1,2	8
Lechuga	17		74			52
Legumbre			2			
Limas	29	10	29	1	36	72
Plátanos	610		2.074	20		578
Manzana	7	1	158		38	
Mango	82	32	378	3		143
Melocotón	4	2	512		13	50
Melones	19	31	21		4	153
Naranjas	75	225	491	11	139	310
Patatas	422	4	4.400		89	391
Papaya	51	12	170	1		161
Pepinos	5		54	2		166
Peras	8	1	4		5	
Sandía	80	12	86	2	11	157
Raíces y Tuberc.	30		271	2		65
Tomate	56	51	233	2	30	162
Uva	1	2	690		104	19
Yuca	91	3.170	1.182	5		306
Zanahoria	40	13	172		18	214



**Tabla A.2.4 - Producción Agrícola (miles Tm/año) en Latinoamérica por zona y país**

<b>PAISES</b> (ref.3.6)	<b>raíces y tubérculos</b>	<b>frutas y hortalizas</b>	<b>TOTAL</b>
<b><u>CENTRO AMÉRICA Y CARIBE</u></b>			
<b>Panamá</b>	41	525	566
<b>Trinidad y Tobago</b>	9	90	99
<b>Cuba</b>	1.987	3.628	5.615
<b>México</b>	2,237	30.433	32.670
<b>Jamaica</b>	131	462	593
<b>Rep. Dominicana</b>	522	3.974	4.496
<b>El Salvador</b>	50	342	392
<b>Nicaragua</b>	316	545	861
<b>Guatemala</b>	543	6.735	7.278
<b>Honduras</b>	66	1.632	1.698
<b>Haití</b>	1.182	1.670	2.852
<b><u>SURAMÉRICA</u></b>			
<b>Chile</b>	1.186	7.485	8.671
<b>Argentina</b>	2.281	9.391	11.672
<b>Uruguay</b>	169	487	656
<b>Venezuela</b>	837	3.314	4.151
<b>Brasil</b>	25.605	35.053	60.658
<b>Perú</b>	6.123	7.356	13.479
<b>Ecuador</b>	646	8.182	8.828
<b>Colombia</b>	4.541	10.592	15.133
<b>Suriname</b>	10	132	142
<b>Paraguay</b>	3.232	561	3.793
<b>Bolivia</b>	1.326	1.592	2.918

### ANEXO 3 - PRODUCCIONES PESQUERAS EN ÁFRICA POR PAÍSES Y PRODUCTOS

Tabla A.3.1 - Producción pesquera (Tm/año) en África por país y especies (pescado de agua dulce y crustáceos)

PAISES	PESCADO DE AGUA DULCE				PESCADO MARINO-CRUSTÁCEOS		
(ref.3.5)	carpas barbados y otros ciprinidos	tilapia y otros cíclidos	miscelanea agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalos	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b>ÁFRICA DEL NORTE</b>							
Argelia	880	35	75		200	71	1871
Túnez	499	18	1474		268	92	7755
Libia		10					430
Egipto	218332	1048276	81975	21			101
Marruecos	13500	250	2284	101	378	396	7727
(ref.3.5)	carpas barbados y otros ciprinidos	tilapia y otros cíclidos	miscelanea agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalos	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b>ÁFRICA CENTRAL</b>							
Gabón		517	10385		44	9	198
G.Ecuatorial		6	1009	27		22	
Rep. del Congo		173	39992	173		56	798
Santo Tomé							
Camerún	24	1125	29166	389	7159	121	28487
Rep.Democr. Congo		3146	229315				
Chad		74	110020				
Rep. Centro Africana	220	100	29020				
(ref.3.5)	carpas barbados y otros ciprinidos	tilapia y otros cíclidos	miscelanea agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalos	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b>ÁFRICA DEL ESTE</b>							
Kenia			169545	387	163	390	244
Tanzania			316339	400	2	557	1767
Ruanda	163	6237	20193				
Sudán Norte		20000	15751				
Sudán Sur		20	35000				
Uganda			507295				
Yibuti							
Etiopia	5428	25094	15070	3			
Eritrea				3		107	
Burundi		1496	21639				
Somalia			200			500	
(ref.3.5)	carpas barbados y otros ciprinidos	tilapia y otros cíclidos	miscelanea agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalos	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b>ÁFRICA SUR</b>							
Seychelles					34	4	
Botswana		50	3				
Sudáfrica		330	900	1500	4 (a)		
Namibia		46	2802		3080	126	
Zambia	200	30085	83918				
Angola		653	18.063		1873	149	541
Zimbabwe		13000	12716	80			
Madagascar	5600	11146	18115		2908	326	18708
Comoras						28	
Lesotho	15		38	1049			
Malawi			160404	94			
Mozambique			97322		1775	511	17846

PAISES	PESCADO DE AGUA DULCE				PESCADO MARINO-CRUSTÁCEOS		
(ref.3.5)	carpas barbados y otros ciprinidos	tilapia y otros cíclicos	miscelanea agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalos	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b>AFRICA OESTE</b>							
Cabo Verde							
Ghana		50900	91570	431	225	47	670
Nigeria	53482	91628	539249		4422	4773	24556
Mauritania					127	6604	753
Senegal	669	4455	26166		251	116	6340
Togo		4353	1788	28	9	11	3
Benín		19021	9982	224	18	158	88
Costa de Marfil		3740	8261		5 900 (3)		17
Gambia		184	2578		13	102	1263
Mali		31108	75572				
Liberia		37	2203	320	50		210
G.Bissau			150		10		51
Sierra Leona		70	2105	7630	785	85	545
Guinea		200	28050				
Burkina Fasso		9128	13272				
Níger		10924	23968				

(a) total crustáceos (b) total crustáceos agua dulce y marinos

**Tabla A.3.2 - Producción pesquera ( Tm/año) en África por país y especie (pescado de mar) (continuación)**

PAISES	PESCADO MARINO						
(ref.3.5)	bacalao merluza	Platija fletán lenguado	Arenque sardina anchoa	Miscelaneos medersal	Misceláneos pelágicos	Tiburón raya quimera	Atún bonito picudos
<b>ÁFRICA DEL NORTE</b>							
Argelia	1222	185	58380	250	7425	542	3433
Túnez	1922	982	31471	1390	10642	3776	10181
Libia	680	115	5500	230	2670	4912	2068
Egipto		547	21844	1960	19574	1300	2615
Marruecos	9000	7690	953887	14728	257523	3185	8167
<b>ÁFRICA CENTRAL</b>							
Gabón		390	6820	40	1563	149	114
G.Ecuatorial	73	157	4000	29	173	50	1602
Rep. del Congo		587	20612	7351	1684	1655	179
Santo Tomé			167	57	4342	183	2560
Camerún		6273	85121	4974	9336	2337	1845
Rep.Democr. Congo		381		2189	478	764	
Chad							
Rep.Centro Africana							

PAISES	PESCADO MARINO						
(ref.3.5)	bacalao merluza	Platija fletán lenguado	Arenque sardina anchoa	Miscelaneos medersal	Misceláneos pelágicos	Tiburón raya quimera	Atún bonito picudos
<b>ÁFRICA DEL ESTE</b>							
Kenia			1339		1962	1033	2193
Tanzania		203	2456		11608	9333	10649
Ruanda							
Sudán Norte	1749 (b)						
Uganda							
Yibuti					630	131	548
Etiopia							
Eritrea		30	300	217		90	219
Burundi							
Somalia							
(ref.3.5)	bacalao merluza	Platija fletán lenguado	Arenque sardina anchoa	Miscelaneos medersal	Misceláneos pelágicos	Tiburón raya quimera	Atún bonito picudos
<b>ÁFRICA SUR</b>							
Seychelles				85	1212	513	120860
Botsuana	0	0	0	0	0	0	0
Sudáfrica	142661	127	393394	24754	22050	3816	3842
Namibia	150218	700	3730	10222	325803	3652	1906
Zambia							
Angola	4066	1500	149540	15190	120454	3105	5669
Zimbabue							
Madagascar					2	5651	8657
Comoras			59		801	594	14733
Lesotho							
Malawi							
Mozambique					6	1786	3350
(ref.3.5)	bacalao merluza	Platija fletán lenguado	Arenque sardina anchoa	Miscelaneos medersal	Misceláneos pelágicos	Tiburón raya quimera	Atún bonito picudos
PAISES							
<b>ÁFRICA OESTE</b>							
Cabo Verde				1402	1948		16493
Ghana		1749	44431	3761	46741	5100	77919
Nigeria	2603	18171	48943	12970	40615	198668	892
Mauritania	2162	2086	411627	9850	48854	2703	11817
Senegal	2113	8477	230874	7975	74226	3557	34836
Togo		42	16417	14	2809	9	1036
Benin		36	3164	32			
Costa de Marfil		92	4944	275	920	418	2333
Gambia		1242	27669	101	5779	936	46
Mali							
Liberia		300	1055	700	3206	210	
G.Bissau	155	110	45	10	230	5	30
Sierra Leona		1360	110280	825	13374	4415	2313
Guinea		330	62150		2600		10370
Burkina Fasso							
Níger							

(b) total pescado de mar

**Tabla A.3.3 - Capturas pesqueras (miles Tm/año) en el Continente Africano por Zonas y países.**

<b>ÁFRICA DEL NORTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>	<b>ÁFRICA SUR</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Argelia	76	Seychelles	122
Túnez	80	Botsuana	0,1
Libia	18	Sudáfrica	608
Egipto	1.396	Namibia	503
Marruecos	1.381	Zambia	115
		Angola	321
<b>ÁFRICA CENTRAL</b>	<b>(ref.3.4)</b>	Zimbabue	26
Gabón	21	Madagascar	79
G.Ecuatorial	7	Comoras	16
Rep. del Congo	74	Lesotho	1
Santo Tomé	7	Malawi	160
Camerún	176	Mozambique	125
Rep. Democr. Congo	236		
Chad	110	<b>ÁFRICA OESTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Rep. Centro Africana	66	Cabo Verde	20
		Ghana	327
<b>ÁFRICA DEL ESTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>	Nigeria	1.047
Kenia	180	Mauritania	536
Tanzania	356	Senegal	422
Ruanda	27	Togo	27
Sudán Norte	36	Benin	33
Uganda	507	Costa de Marfil	21
Yibuti	2	Gambia	41
Etiopia	45	Mali	106
Eritrea	1	Liberia	9
Burundi	23	G.Bissau	0,1
Somalia	2	Sierra Leona	144
		Guinea	104
		Burkina Fasso	23
		Níger	87

## ANEXO 4 - PRODUCCIONES PESQUERAS EN LATINOAMERICA POR PAÍSES Y PRODUCTOS

Tabla A.4.1 - Producción pesquera (Tm/año) en Latinoamérica por país y especie (pescado de agua dulce y crustáceos)

PAISES	PESCADO DE AGUA DULCE				PESCADO MARINO-CRUSTÁCEOS		
(ref.3.5)	carpas barbados y otros ciprinidos	tilapia y otros cíclidos	miscelanea agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalos	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b><u>CENTRO AMÉRICA&amp;CARIBE</u></b>							
Panamá	5	486	5	10	7		8700
Trinidad y Tobago		9	2		50	21	687
Cuba	15639	2146	6060		518	4634	5808
México	50423	180824	29992	15163	55928	3997	225071
Jamaica	2	600	718			350	
Rep. Dominicana	336	1623	526		154	1562	464
El Salvador		7178	386		10	1	2045
Nicaragua		380	186		823	6520	24410
Guatemala	4	10155	2250		3		16807
Honduras		30100	100		39	6101	24450
Haití					550		
(ref.3.5)	carpas barbados y otros ciprinidos	tilapia y otros cíclidos	miscelanea agua dulce	salmón trucha eperlanos sábalos	cangrejo araña de mar	centollo langosta	gamba langostino
<b><u>SURAMÉRICA</u></b>							
Chile				727812	7443	4883	18915
Argentina	154	62	20901	1413	22	2523	178520
Uruguay	127	2	3196	65			16
Venezuela		106	31753	271	7162	103	24018
Brasil	20700	261991	441726	1763	15880	6100	86150
Perú	4	3278	24896	52648	2438	10	52329
Ecuador		22600	151	6051			426209
Colombia	600	61800	43405	6765		6	3843
Suriname		2	936				8080
Paraguay	400	6900	18200				
Bolivia	120	30	8300	1550			

**Tabla A.4.2 - Producción pesquera (Tm/año) en Latinoamérica por país y especie (pescado marino)**

PAISES	PESCADO MARINO							
(ref.3.5)	bacalao merluza	Platija fletán lenguado	Arenque sardina anchoa	miscelaneos medersal	Misceláneos pelágicos	Tiburón raya quimera	Atún bonito picudos	moluscos
<b>CENTRO AMÉRICA&amp;CARIBE</b>								
Panamá								
Trinidad y Tobago		20	55000		1697	170	84708	
Cuba	1			2565	275	499	2859	
México			2521		47	1676	1026	1887
Jamaica	11978	5537	452371	3503	122193	60007	10516	137784
Rep. Dominicana								3750
El Salvador			192		1475	105	1218	1760
Nicaragua					1012	468	44059	46
Guatemala		120	270	39	400	467	14347	11466
Honduras						312	15348	8
Haití								810
(ref.3.5)	bacalao merluza	Platija fletán lenguado	Arenque sardina anchoa	miscelaneos medersal	Misceláneos pelágicos	Tiburón raya quimera	Atún bonito picudos	moluscos
<b>SURAMÉRICA</b>								
Chile	74655	15	50640	18984	420339	2003	7254	538690
Argentina	338456	4655	8780	9360	15157	2736	174	95532
Uruguay	11639	66	2990	3564	277	1121		1117
Venezuela		11	122806	4954	13032	5279	43728	29499
Brasil	7060	2520	76665	11600	30130	19411	49506	32275
Perú	72404	479	2862641	1480	235326	15123	106506	378265
Ecuador	5372	152	58999	58774	181451	8184	359011	493
Colombia		50			432	58	43564	445
Suriname				91	79	344	3436	
Paraguay								
Bolivia								

**Tabla A.4.3 - Capturas pesqueras (miles Tm/año) en Latinoamérica por Zonas y países.**

<b>CENTRO AMERICA Y CARIBE</b>	(ref.3.6)	<b>SURAMÉRICA</b>	(ref.3.6)
Panamá	150	Chile	1.871
Trinidad y Tobago	7	Argentina	679
Cuba	42	Uruguay	24
México	1.366	Venezuela	282
Jamaica	5,4	Brasil	1.063
Rep. Dominicana	9,4	Perú	3.808
El Salvador	55	Ecuador	1.128
Nicaragua	33	Colombia	54
Guatemala	49	Suriname	13
Honduras	62	Paraguay	26
Haití	18	Bolivia	1.245

## ANEXO 5 - PRODUCCIONES CÁRNICAS EN ÁFRICA POR PAÍSES Y PRODUCTOS

Tabla A.5.1 - Producción ganadera (cabezas) en África por país y especie

PAISES (ref.3.5)	ÁFRICA DEL NORTE						
	caballos	camellos	cabras	cerdos	gallinas	vacuno	ovino
Argelia		379094	4934701	4872	137075	2081306	28135986
Túnez	57281	237114	1184600	5511	91349	646100	6406100
Libia	45520	62125	2645240		366652	213848	7330817
Egipto	75663	141965	4118917	9824	148517	4954884	5639551
Marruecos	180000	58000	560000	7962	198710	3300000	19870000
	ÁFRICA CENTRAL						
	caballos	camellos	cabras	cerdos	gallinas	vacuno	ovino
Gabón			109468	223488	1000	37845	215558
G.Ecuatorial			9555	6844	370	5349	40195
Rep. del Congo	78		324869	103400	2938	360398	124032
Santo Tomé	296		5859	41247	234	980	3377
Camerún	18007		5207556	1907505	53989	5694624	3532141
Rep.Democr. Congo			4045356	980323	19221	922838	900094
Chad	4375666	1589365	6883496	33931	5911	8110154	6917446
Rep.Centro Africana			6607565	1106923	7345	4526072	441420
	ÁFRICA DEL ESTE						
	caballos	camellos	cabras	cerdos	gallinas	vacuno	ovino
Kenia	2088	322253	26745916	504395	43796	20529190	18983760
Tanzania			18721705	516912	372660	27015712	
Ruanda			2869507	1165225	5137	1205715	682369
Sudán Norte	7900866	4826059	31325105		47746	30559650	40552860
Uganda			15587911	2626405	35881	1480046	2073150
Yibuti		70996	514408			301737	469076
Etiopia	2158176	1209321	30200226	34975	59495	594866667	30697942
Eritrea		373752	1810405		1120	2119098	2405631
Burundi			1821626	333925	1678	623031	229272
Somalia	889	7221998	11692227	3763	3670	4838336	11771916
	ÁFRICA SUR						
	caballos	camellos	cabras	cerdos	gallinas	vacuno	ovino
Seychelles			5591	5220	108	75	
Botswana	34737		1336076	4194	615	1974981	240672
Sudáfrica	320787		5618473	1512453	172765	13400272	23287247
Namibia	45533	92	1809229	89380	5645	2757164	2289367
Zambia			2693420	1374137	39954	3660821	255043
Angola	1013		4477332	3180401	35344	4975331	1133464
Zimbabue	28219		4546315	304265	19189	5546338	298808
Madagascar	498		1425562	1669000	37319	10301490	751649
Comoras			121084		544	50883	24684
Lesotho	51898		829303	58446	826	556909	1219863
Malawi	49		7348361	3644100	18078	1470895	286974
Mozambique			3215023	162079	13025	1656563	134234
	ÁFRICA OESTE						
	caballos	camellos	cabras	cerdos	gallinas	vacuno	ovino
Cabo Verde	559		206279	87121	1051	22902	12029
Ghana	2932		6352000	730000	7154	1734000	4522000
Nigeria	102356	279802	73879561	7488631	148404	20560933	42092042
Mauritania	67020	1483210	6207476		4608	1836685	9600982
Senegal	549880	4964	5384416	409047	48780	3540243	5923188
Togo	1814		3401512	493477	29159	40724	24113177
Benín	1019		1836000	466000	20002	2339000	1836000
Costa de Marfil			1441364	343356	65851	16481175	1819149
Gambia	8837		345419	6675	1335	455026	48298
Mali	549316	1028609	22141497	83174	58087	10941300	15900300
Liberia			385310	344959	8394	43405	296022
G.Bissau	2426		813641	406463	2044	706696	524326
Sierra Leona	436036		1147679	52364	15851	816815	11062639
Guinea	3531		2775149	112256	1000	6418421	2579481
Burkina Faso							
Níger	248200	1765201	16098058	42523	18707	12783548	11899263



**Tabla A.5.2 - Producción de carne en miles de Tm / año en África por Zonas y países**

<b>ÁFRICA DEL NORTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Argelia	689
Túnez	277
Libia	180
Egipto	1.994
Marruecos	1.083

<b>ÁFRICA CENTRAL</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Gabón	36
G.Ecuatorial	0,6
Rep. del Congo	253
Santo Tomé	1
Camerún	331
Rep. Democr. Congo	253
Chad	151
Rep. Centro Africana	165

<b>ÁFRICA DEL ESTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Kenia	636
Tanzania	401
Ruanda	70
Sudán Norte	795
Uganda	381
Djibuti	11
Etiopia	737
Eritrea	42
Burundi	24
Somalia	190

<b>ÁFRICA SUR</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Seychelles	1
Botswana	86
Sudáfrica	2.854
Namibia	77
Zambia	178
Angola	230
Zimbabue	246
Madagascar	313
Comoras	2,2
Lesotho	29
Malawi	129
Mozambique	185

<b>ÁFRICA OESTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Cabo Verde	11
Ghana	237
Nigeria	1.508
Mauritania	101
Senegal	187
Togo	66
Benín	75
Costa de Marfil	249
Gambia	8
Mali	366
Liberia	32
G.Bissau	26
Sierra Leona	39
Guinea	92
Burkina Fasso	256
Níger	318

## ANEXO 6 PRODUCCIONES CÁRNICAS EN LATINOAMÉRICA POR PAÍSES Y PRODUCTOS

**Tabla A.6.1 - Producción ganadera (cabezas) en Latinoamérica por país y especie**

<b>PAISES (ref.3.5)</b>	<b>CENTRO AMÉRICA &amp; CARIBE</b>					
	<b>caballos</b>	<b>cabras</b>	<b>cerdos</b>	<b>gallinas</b>	<b>vacuno</b>	<b>ovino</b>
Panamá	106687	9027	389000	23908	1554200	
Trinidad y Tobago	1435	8439	26497	37262	35024	12698
Cuba	860800	1185400	1929900	31336	4013900	1652900
México	6378267	8755443	16753231	549125	33918906	8834241
Jamaica	4009	552616	213923	114224	146711	1357
Rep. Dominicana	358766	225960	53049	171883	3097255	257260
El Salvador	97753	14385	228841	17036	941703	5282
Nicaragua	2683358	7697	614257	22928	5059300	6711
Guatemala	131583	113800	2875900	36044	3768400	598300
Honduras	181280	25103	455826	46109	2838718	16478
Haití	553739	1984811	1022573	5777	1505861	157325
<b>PAISES (ref.3.5)</b>	<b>SURAMÉRICA</b>					
	<b>caballos</b>	<b>camellos</b>	<b>cabras</b>	<b>cerdos</b>	<b>gallinas</b>	<b>vacuno</b>
Chile	245507	738063	509422	103259	4322623	4098833
Argentina	2447582	4712173	5119438	110978	52636778	14864321
Uruguay	455000	17743	187000	20533	11993000	6546000
Venezuela	527031	1433274	3546987	122540	16574368	602328
Brasil	5577539	9780533	39950320	1352291	218225177	18433810
Perú	749032	1879713	3144911	158263	5535454	11450657
Ecuador	219134	36379	114124	176413	4127311	478486
Colombia	763505	1139216	6372230	161122	22610101	727228
Suriname	279	3923	35395	4966	35763	6311
Paraguay	275371	151343	1300064	17466	13858584	516119
Bolivia	499403	2209968	29066966	201475	9082193	7471380

**Tabla A.6.2 - Producción de carne en miles de Tm / año en Latinoamérica por Zonas y países**

<b>CENTRO AMÉRICA Y CARIBE</b>	<b>(ref.3.6)</b>	<b>SURAMÉRICA</b>	<b>(ref.3.6)</b>
Panamá	254	Chile	1.401
Trinidad y Tobago	74	Argentina	4.555
Cuba	293	Uruguay	627
México	6.061	Venezuela	1.772
Jamaica	115	Brasil	24.454
Rep. Dominicana	532	Perú	1.460
El Salvador	140	Ecuador	753
Nicaragua	261	Colombia	2.138
Guatemala	333	Suriname	15
Honduras	232	Paraguay	683
Haití	105	Bolivia	695

**A.7 - PRODUCCIÓN LÁCTEA EN ÁFRICA POR PAÍSES Y PRODUCTOS****Tabla A.7.1 - Producción láctea (Tm/año) en África por país y especie**

PAISES (ref.3.5)						
Tm/año	Leche desnata de vaca	Mantequilla leche de vaca	Queso de vaca	Queso de cabra	Queso de oveja	yogourt
<b>ÁFRICA DEL NORTE</b>						
Argelia	103788	4916				
Túnez	278597	6598	5627	1480		
Libia						
Egipto	636500	33500	286250			
Marruecos	985306	34226	4862	6125	2679	
<b>AFRICA CENTRAL</b>						
Gabón						
G.Ecuatorial						
Rep. del Congo						
Santo Tomé						
Camerún						
Rep. Democr. Congo						
Chad	10000	526				
Rep. Centro Africana						
<b>ÁFRICA DEL ESTE</b>						
Kenia	616075	15000				
Tanzania	684000	21000	13000			
Ruanda	31238	1373				
Sudán Norte	225600	9600	19200	77500	11250	
Uganda	7600	400				
Yibuti	355320	15120		110750	15575	30240
Etiopia						
Eritrea	342000	2000				
Burundi	28257	661				
Somalia	5754					
<b>AFRICA SUR</b>						
Seychelles						
Botswana	24700	1081	1890			
Sudáfrica	377334	18750	88789			
Namibia	13300	480	375			
Zambia	6856	303	1083			
Angola	10203	537				
Zimbabue	48450	2093	2475			
Madagascar						
Comoras						
Lesotho						
Malawi						
Mozambique						
<b>AFRICA OESTE</b>						
Cabo Verde						
Ghana						
Nigeria	246100	13231				
Mauritania	20447	896				
Senegal	9767	856				
Togo		15				2340
Benín						
Costa de Marfil						
Gambia						
Mali						
Liberia						
G.Bissau						
Sierra Leona						
Guinea	8489	447				
Burkina Fasso	19773					
Níger	291719	15354		33275	27927	

Tabla A.7.2 - Producción láctea (Tm/año) en África por país y especie

PAISES (ref.3.5)				
Tm/año	leche entera de vaca	leche entera de cabra	leche entera de camella	leche entera de oveja
<b>ÁFRICA DEL NORTE</b>				
Argelia	3.597.017	228.981	13.922	282.759
Túnez	1.428.000	11.351	1.092	17.532
Libia	144.393	21.203	2.045	58.357
Egipto	23.379.799	16.884		98.570
Marruecos	2.500.000	43.969	8.531	33.860
<b>AFRICA CENTRAL</b>				
Gabón	10.342			
G.Ecuatorial	138.998	33.985		15.088
Rep. del Congo	5.436			
Santo Tomé	402			
Camerún	171.706	53.371		18.673
Rep.Democr. Congo	6.821			
Chad	1.057.164	73.999	22.849	37.803
Rep.Centro Africana	80.039			
<b>AFRICA DEL ESTE</b>				
Kenia	4.115.473	221.591	848.939	89.342
Tanzania	1.423.915	211.782		
Ruanda	161.723	76.070		9.125
Sudán Norte	286.991	1.104.620	60.699	403.008
Uganda	1.656.383			
Yibuti	2.688.659	466.672		157.968
Etiopia	8.925		6.023	
Eritrea	3.134.181	84.681	179.659	85.782
Burundi	108.074	19.362	11.623	14.215
Somalia	77.670	35.609		833
<b>AFRICA SUR</b>				
Seychelles	4			
Botswana	377.287	12.440		
Sudáfrica	3.515.420			
Namibia	106.867			
Zambia	461.573			
Angola	215.818			
Zimbabue	426.750			
Madagascar	543760			
Comoras	13.479			
Lesotho	138.747			
Malawi	61.212	112.645		6.367
Mozambique	79.227	18.046		
<b>PAISES (ref.3.5)</b>				
Tm/año	leche entera de vaca	leche entera de cabra	leche entera de camella	leche entera de oveja
<b>AFRICA OESTE</b>				



<b>PAISES (ref.3.5)</b>				
<b>Tm/año</b>	<b>leche entera de vaca</b>	<b>leche entera de cabra</b>	<b>leche entera de camella</b>	<b>leche entera de oveja</b>
<b>AFRICA OESTE</b>				
Cabo Verde	4.456	8.567		
Ghana	43.239			
Nigeria	522.405			
Mauritania	559.529	98.602	26.098	72.801
Senegal	1.236.440	12.648	517	10.473
Togo	91.908			
Benín	113.816	26.526		
Costa de Marfil	29.527			
Gambia	74.874			
Mali	302.204	139.084	271.614	529.373
Liberia	9.200			
G.Bissau	150.220	15.088		7.620
Sierra Leona	199.615			
Guinea	138.998	33.985		15.088
Burkina Fasso	128.167	106.317	266	72.065
Níger	527.850	289.702	99.218	125.924

**Tabla A.7.3 - Producción de leche en millones de Tm / año en África por Zonas y país**

<b>ÁFRICA DEL NORTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Argelia	3
Túnez	1,1
Libia	0,2
Egipto	5,8
Marruecos	2,3

<b>ÁFRICA CENTRAL</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Gabón	0
G.Ecuatorial	
Rep. del Congo	0
Santo Tomé	0
Camerún	0,2
Rep. Democr. Congo	
Chad	0,3
Rep. Centro Africana	0,1

<b>ÁFRICA DEL ESTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Kenia	4,3
Tanzania	1,8
Rwanda	0,2
Sudán Norte	4,3
Uganda	1,2
Djibuti	0
Étiopia	4,4
Eritrea	0,1
Burundi	0,1
Somalia	2,6

<b>ÁFRICA SUR</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Seychelles	0
Botswana	0,1
Sudáfrica	3,3
Namibia	0,1
Zambia	0,1
Angola	0,2
Zimbabue	0,4
Madagascar	0,6
Comoras	0
Lesotho	0
Malawi	0,1
Mozambique	0,1

<b>ÁFRICA OESTE</b>	<b>(ref.3.4)</b>
Cabo Verde	0
Ghana	0
Nigeria	0,6
Mauritania	0,4
Senegal	0,2
Togo	0
Benín	0
Costa de Marfil	0
Gambia	0
Mali	1,8
Liberia	0
G.Bissau	0
Sierra Leona	0
Guinea	0,1
Burkina Fasso	0,3
Níger	1

## ANEXO 8 - PRODUCCIÓN LÁCTEA EN LATINOAMERICA POR PAÍSES Y PRODUCTOS

**Tabla A.8.1 - Producción láctea (Tm/año) en Latinoamérica por país y especie**

PAISES (ref.3.5)						
Tm/año	leche desnata de vaca	Mantequilla leche de vaca	Queso de vaca	Queso de cabra	Queso de oveja	yogourt
<b>CENTRO AMÉRICA Y CARIBE</b>						
Panamá	1102	56	14114			
Trinidad y Tobago						
Cuba	29545	1400				
México	415200	20900	140000	15698		
Jamaica						
Rep. Dominicana	47500	2000	4500			
El Salvador	4370	205				
Nicaragua	9098	421	49500			
Guatemala	287661	1507				
Honduras	132050	6950	11479			
Haití						
<b>SURAMÉRICA</b>						
Chile	6639360	21874	5200	1931		
Argentina	911261	48059				
Uruguay	710100	30984	65000			18000
Venezuela	37088	1350				
Brasil	2239804	103500	4340			
Perú	74699	3703	19774	1160		
Ecuador	86580	2280			1040	
Colombia	504000	20600				
Suriname	523	30				
Paraguay	13950	750				
Bolivia	38400	1380		4556	6803	

**Tabla A.8.2 Producción láctea (Tm/año) en Latinoamérica por país y especie**

<b>PAISES (ref.3.5)</b>			
<b>Tm/año</b>	<b>leche entera de vaca</b>	<b>leche entera de cabra</b>	<b>leche entera de oveja</b>
<b>CENTRO AMÉRICA Y CARIBE</b>			
Panamá	205.825		
Trinidad y Tobago	2.324		
Cuba	612.800	4.800	
México	11.608.400	160.217	57.689
Jamaica	12.191		
Rep. Dominicana	541.929		
El Salvador	556.661		
Nicaragua	586.322		
Guatemala	529.621	2.566	
Honduras	684.206		
Haití	49.425	57.057	
<b>SURAMÉRICA</b>			
Chile	1.991.007		
Argentina	9.893.300		
Uruguay	2.026.000		
Venezuela	1.842.013		
Brasil	33.624.653	253.133	
Perú	1.954.232	20.420	
Ecuador	2.001.728	980	3.617
Colombia	5.396.956		
Suriname	5.000		
Paraguay	482.436		
Bolivia	529.624	28.866	29.617



**Tabla A.8.3 - Producción de leche en millones de Tm / año en Latinoamérica por Zonas y país**

<b>CENTRO AMERICA Y CARIBE</b> (ref.3.6)		<b>SURAMÉRICA</b>	(ref.3.6)
Panamá	0,2	Chile	2,6
Trinidad y Tobago	0	Argentina	11,2
Cuba	0,6	Uruguay	2,1
México	10,9	Venezuela	2,4
Jamaica	0,2	Brasil	32,2
Rep. Dominicana	0,5	Perú	1,8
El Salvador	0,4	Ecuador	6,4
Nicaragua	0,8	Colombia	6,3
Guatemala	0,5	Suriname	0
Honduras	0,8	Paraguay	0,4
Haití	0,1	Bolivia	0,4

**ANEXO 9- Capacidad frigorífica instalada en países en vías de desarrollo y países industrializados**

<b>PAÍS</b> (ref.3.30)	<b>HABITANTES POR M<sup>3</sup></b>	<b>PAÍS</b> (ref.3.30)	<b>HABITANTES POR M<sup>3</sup></b>
<b>Etiopia</b>	> 300	<b>Perú</b>	70
<b>Tanzania</b>	> 300	<b>Venezuela</b>	60
<b>Nigeria</b>	> 300	<b>Egipto</b>	40
<b>El Salvador</b>	>300	<b>Panamá</b>	40
<b>Guatemala</b>	>300	<b>México</b>	30
<b>Rep.Congo</b>	280	<b>Egipto</b>	29
<b>Uganda</b>	230	<b>Túnez</b>	28
<b>Senegal</b>	220	<b>México</b>	25
<b>Gabon</b>	200	<b>Marruecos</b>	20
<b>Camerún</b>	180	<b>Brasil</b>	13
<b>Mauritania</b>	170	<b>Italia</b>	12
<b>Sudáfrica</b>	160	<b>Chile</b>	6
<b>Rep.Dominicana</b>	140	<b>España</b>	5
<b>Namibia</b>	120	<b>Francia</b>	4
<b>Ecuador</b>	115	<b>Alemania</b>	3,5
<b>Etiopia</b>	110	<b>Reino Unido</b>	3
<b>Mali</b>	105	<b>USA</b>	3
<b>Honduras</b>	85	<b>Dinamarca</b>	2
<b>Paraguay</b>	80		

## **ANEXO.10 - DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN FRIGORÍFICA**

### **A.10.1 - Descripción de los compresores de tornillo y alternativos**

#### **Compresores de Tornillo**

Este tipo de compresores de desplazamiento positivo, también denominados rotatorios helicoidales, son los más utilizados en la refrigeración industrial. Basan su tecnología en el desplazamiento del aire a través de las cámaras que se crean con el giro simultáneo en sentido contrario, de dos tornillos que son dos largos engranajes helicoidales, uno macho y otro hembra. Uno de ellos es el motriz o primario, también llamado macho, y tiene su lateral dividido en cuatro lóbulos de perfil semicircular. El otro tornillo, el secundario o hembra, es desplazado por el primero y presenta en su lateral seis canales o gargantas que se corresponden con los lóbulos del tornillo macho. El refrigerante procedente del evaporador queda atrapado en los espacios existentes entre los canales del tornillo secundario o hembra, girando con él y comprimiéndose a medida que avanza hacia la salida, ya que el volumen disponible entre las ranuras que dejan los tornillos va disminuyendo gradualmente. Una disposición de los tornillos macho-hembra puede verse en la figura 10.1.1

**Figura A.10.1 - Compresor alternativo**



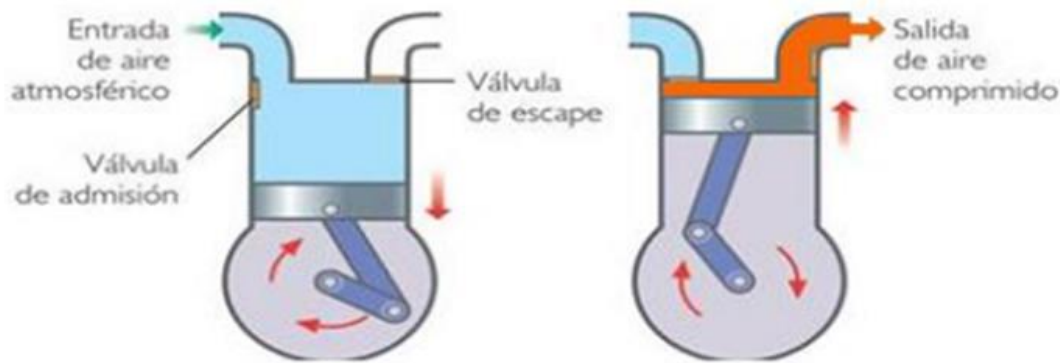
#### **Compresores Alternativos**

Los compresores alternativos son máquinas de desplazamiento positivo formados por una cámara de compresión en forma de cilindro (parte fija) y por un émbolo o pistón (parte móvil) que se desliza interiormente por el cilindro. El pistón está unido a través de una biela de transmisión a un motor accionador. Al girar el rotor, la biela describe un movimiento de vaivén, succionando el gas de entrada a través de la válvula de admisión cuando retrocede el pistón, comprimiendo el gas cuando avanza el pistón y expulsando el gas a través de la válvula de escape cuando el pistón llega la final de su recorrido que se mueve de forma lineal y de atrás hacia adelante

dentro del cilindro, de tal manera que se reduce el volumen de cilindro donde se deposita el gas.

El accionamiento del pistón se muestra en la figura 10.1.2

**Fig.A.10.2 - Accionamiento del pistón en compresores alternativos**



Fuente : el Anexo 10 fue elaborado a partir de " Refrigeración Industrial. Montaje y Mantenimiento de Instalaciones frigoríficas. Editorial Técnica. Ediciones CEYSA. Carlos González Sierra 2012." y Fundamentos de Refrigeración - ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración) -2015 (ref.4.8;4.7)

### **A.10.2 - Descripción Condensador Evaporativo**

El refrigerante pasa por las tres fases que a continuación se detallan a través del condensador:

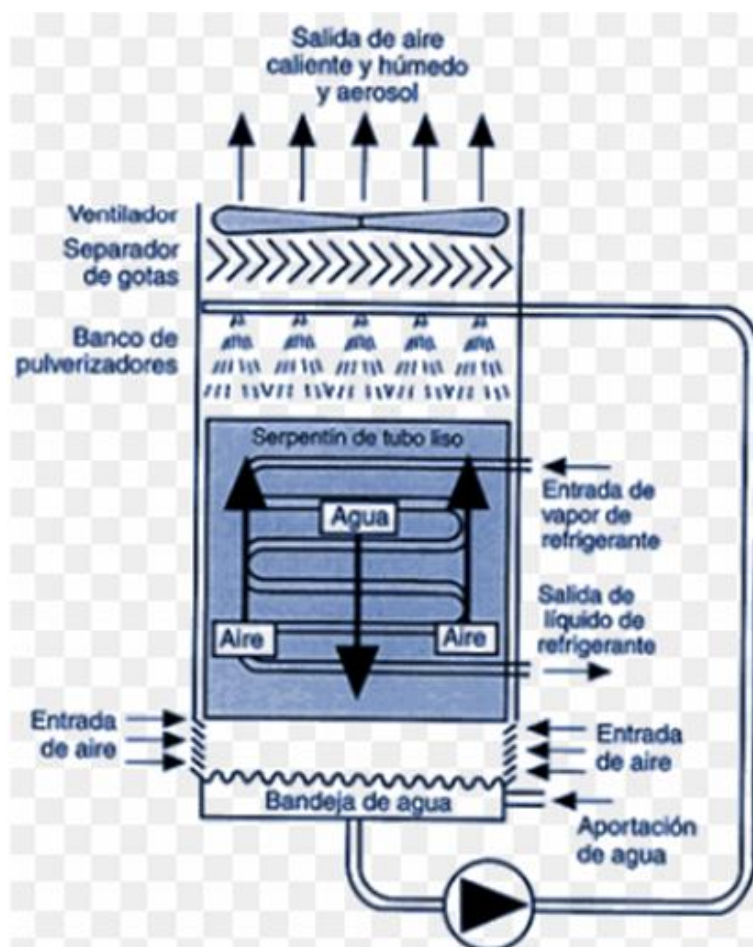
- Enfriamiento de los vapores sobrecalentados, en esta zona el intercambio de calor es muy rápido debido a la gran diferencia de temperatura existente. Es un intercambio de calor sensible donde el refrigerante solamente disminuye su temperatura hasta convertirse en vapor saturado.
- Condensación del refrigerante, en donde el intercambio de calor es muy alto y necesita una gran parte del condensador. Para que esta cesión se realice es necesario un salto de temperatura entre el fluido y el medio de condensación. Es un intercambio de calor latente donde el refrigerante cambia de estado a temperatura constante.
- Subenfriamiento, el liquido se enfría desde la temperatura de saturación hasta la temperatura deseada, en función del salto de temperatura entre el refrigerante y el medio de condensación.

Las condiciones de transferencia del flujo de calor son diferentes en cada zona debido al diferente coeficiente de transferencia de calor en cada de ellas.

Los condensadores evaporativos, constan de un condensador de tubos, en el que la entrada del refrigerante se realiza por la parte superior y la salida por el fondo del mismo. La batería de tubos está dentro de una caja con entradas de aire por la parte inferior y salida de aire por la parte superior. En la parte inferior hay una balsa de agua, cuyo nivel permanece constante; por medio de una bomba que conduce agua a la parte superior de la batería y el agua es pulverizada mediante toberas. El aire al atravesar la cortina acuosa absorbe algo de agua que rocía los serpentines, de forma que ese calor absorbido por el agua el aire se lo lleva como calor latente. El rendimiento de estos condensadores depende de la humedad relativa del aire y de la temperatura de condensación del fluido. Los diferentes tipos de condensador evaporativo dependen de cómo se mueve el aire en el interior del condensador, a la forma de distribuir el agua sobre el condensador y al tipo de batería de refrigerante (ref.4.7).

Un esquema del condensador evaporativo se muestra a continuación en la figura A.10.3

**Figura A.10.3 - Condensador evaporativo**



### **A.10.3 - Descripción evaporadores**

#### **Expansión seca (DX)**

La alimentación del refrigerante como líquido se realiza a través de una válvula termostática, de forma que la mayor parte del fluido que sale de la válvula y llega al evaporador lo hace en estado líquido; otra parte menor lo hace en estado de vapor, fenómeno producido por la "expansión directa" de la válvula de expansión termostática. La relación entre ambos flujos másicos se define en función del subenfriamiento del líquido, la caída de presión del sistema y del refrigerante utilizado. De lo anterior se deduce que el título del vapor es de baja calidad, es decir, que lo que ingresa al evaporador es una mezcla de líquido y vapor. En los evaporadores de expansión seca esta mezcla se vaporiza progresivamente a medida que el refrigerante avanza por el evaporador y absorbe el calor latente de vaporización del medio a enfriar. La cantidad de refrigerante líquido varía con la carga térmica (necesidades frigoríficas de la estancia a refrigerar). Como consecuencia en la parte final del evaporador el refrigerante se encuentra en estado de vapor y en esta parte no trabaja tan efectivamente, en términos de transferencia de calor, como en la primera parte del mismo. Por esta razón, en el diseño correcto de un evaporador de expansión seca, la superficie del serpentín debe ser siempre menor en las porciones iniciales y mayor en las finales, a pesar de que debido a la caída de presión sufrida por el refrigerante al circular por su interior saldrá a una menor temperatura de saturación. Para asegurarse el tener una vaporización completa del refrigerante en el interior del evaporador, se aconseja un sobrecalentamiento de 5 °C al final del mismo, a fin de obtener vapor sobrecalentado y prevenir así que parte del refrigerante en estado líquido entre en la tubería de succión hacia el compresor, lo que puede provocar el fenómeno denominado golpe de líquido, ocasionando un grave deterioro en el compresor; esto requiere aproximadamente sobredimensionar la superficie del evaporador del 5% al 10% (ref.4.9;4.10;4.11;4.12). Un esquema del evaporador de expansión seca se puede ver en la figura A.10.4

#### **Evaporador inundado**

En un evaporador inundado (figura A.10.5), aprovechando el fenómeno de convección natural se hace circular mayor cantidad de refrigerante líquido en el evaporador, del que solo se evapora una parte, la necesaria para satisfacer la carga térmica demandada, el resto del líquido es utilizado para mantener húmedas las paredes interiores del evaporador, en vez de con vapor, incrementando así la transferencia de calor interno. El vapor generado es separado en un recipiente separador gas-líquido y enviado a la línea de aspiración del compresor, mientras que cualquier líquido dejado en el acumulador estará disponible para su recirculación en el evaporador.

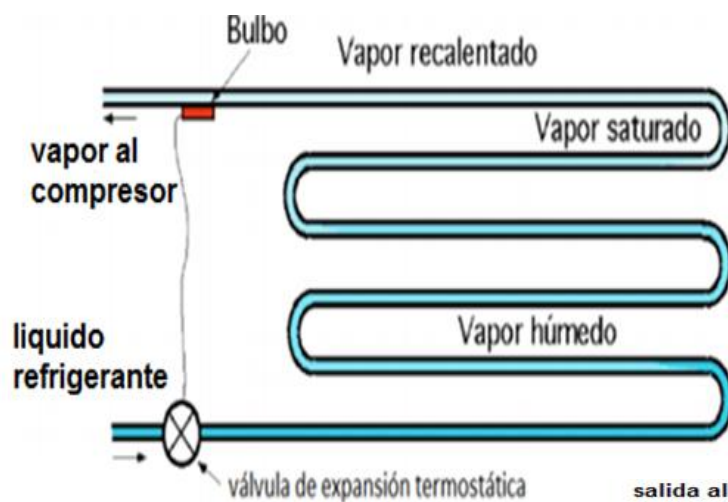
Una válvula de control de nivel admite líquido refrigerante para reemplazar la cantidad vaporizada. La presión estática en la columna de líquido es mayor que la de la mezcla de líquido y vapor en los tubos del evaporador. Esta diferencia de presión permite el flujo del refrigerante.

Las ventajas de esta configuración en comparación con la expansión directa son las siguientes:

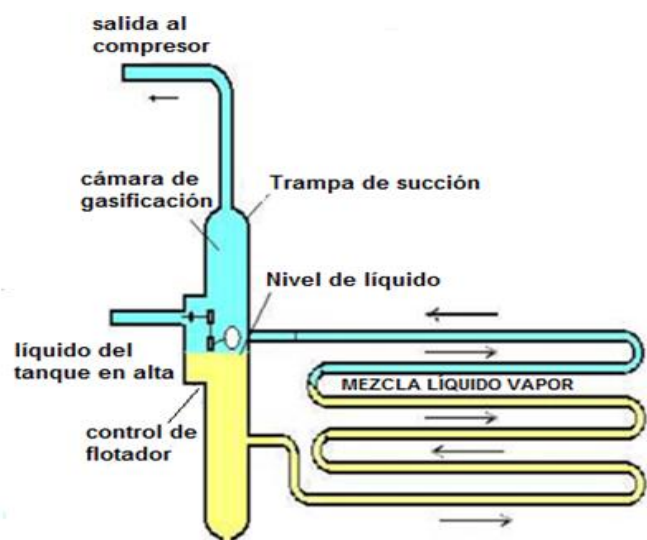
- las superficies del evaporador se usan más efectivamente porque están completamente humedecidas de líquido.
- cuando sea necesario se pueden utilizar varios en paralelo lo que facilita de control de flujo y presión en cada uno de los evaporadores en paralelo o bien con válvula termostática o con termostática y válvula de control de presión en caso necesario.
- el vapor enviado a los compresores se mantiene a la temperatura de saturación, lo cual repercute en la disminución de la temperatura de descarga del mismo (ref.4.10;4.13;4.14).

Un esquema del evaporador inundado se muestra en la figura A.10.5

**Figura A.10.4 - Evaporador por expansión seca**



**Figura A.10.5 - Evaporador inundado**

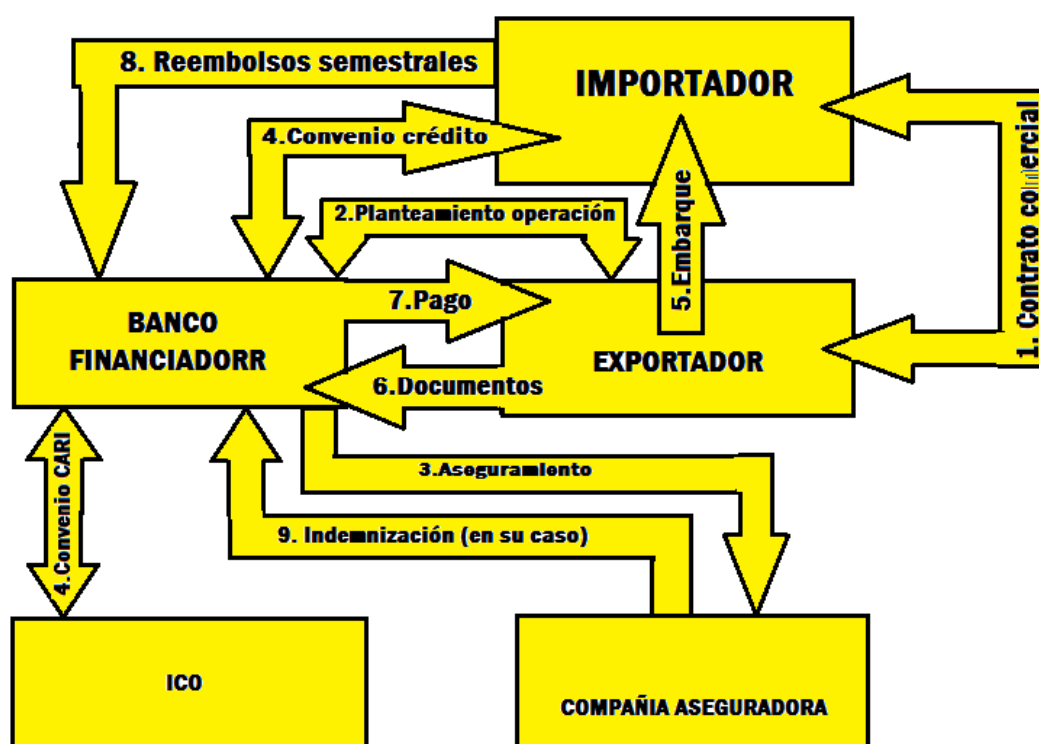


## ANEXO 11 - FINANCIACIÓN INTERNACIONAL

### A.11.1 - Crédito Comprador - Metodología a seguir para su implantación

Un esquema de la misma se muestra en la figura A.11.1 y el procedimiento a seguir es el siguiente: el exportador y el importador negocian y firman el Contrato Comercial, posteriormente el exportador plantea la operación a una entidad financiera española y ésta una vez estudiada la operación propone a CESCE su aseguramiento. Una vez asegurada la operación, el banco español firma el convenio financiero del crédito con el importador y el convenio CARI con el ICO; en su momento, el exportador embarca la mercancía, presenta en el banco español los documentos de embarque requeridos que son examinados por el banco español y si son correctos, procede al pago de la exportación; el importador rembolsa al banco español, semestralmente el principal más los intereses del préstamo a los seis meses de la recepción provisional, hasta dicha fecha el importador solo pagará intereses; en caso de impago, CESCE indemniza al banco financiador (ref.7.3).

**Figura A.11.1 - Secuencia del crédito comprador**



### **A.11.2 - Crédito FIEM - Metodología a seguir para su implantación**

El procedimiento a seguir es el siguiente: una carta del cliente dirigida al Director General de la Dirección de Comercio e Inversiones mostrando su interés en solicitar financiación para el Proyecto. El cliente indicará la empresa española que le presente la oferta y su deseo de que sea ésta quien ejecute el proyecto, de esta manera se evitaría la licitación; el Ministerio de Comercio enviará una oferta financiera genérica mediante un crédito FIEM, previa consulta con CESCE; el cliente debería contestar que en principio está de acuerdo con las condiciones y solicita una oferta con detalle, entonces el Ministerio de Comercio enviará la oferta financiera en detalle y el cliente contestará si acepta las condiciones; si son aceptadas por el cliente, el Ministerio de Comercio le pedirá que presente el contrato firmado y la garantía, si la garantía es aceptable para el Ministerio de Comercio, pasará a la Comisión FIEM, si la Comisión FIEM lo aprueba pasa al Consejo de Ministros y si es aprobado ICO negocia el Convenio Financiero con el Banco Corresponsal del garante pagador en España.

Si el precio sobrepasara los 20 mm €, antes de pasar a Consejo de Ministros, tiene que pasar por la Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos (CDGAE) (ref.7.4)

### **A.11.3 - INCOTERMS**

Es importante señalar algunas de las terminologías utilizadas mundialmente en los contratos internacionales para precisar las obligaciones de las partes (exportador-importador) a la hora de entregar las mercancías.

En el contrato entre el exportador e importador siempre se hará referencia a uno de los INCOTERMS de la Cámara de Comercio Internacional y al año, evitando así cualquier conflicto o mal entendido entre las partes ante el envío de las mercancías con motivo de una transacción comercial.

El objeto de los INCOTERMS es el de establecer un conjunto de reglas internacionales, para la interpretación de los términos más utilizados en dicho comercio.

Los términos comerciales que se describen a continuación corresponden al año 2.000. Posteriormente en el 2.010 se modificaron y son los que están actualmente en vigor, aunque en los contratos se puede utilizar los del 2.000, pues son más específicos y concretamente los del grupos D, siempre que se indique Incoterms 2.000. No obstante al final de esta descripción se incluye el esquema 7.2 y 7.3, en donde se puede apreciar las diferencias de los incoterms 2.010 con los incoterms 2.000.



Para la descripción de dichos términos se han agrupado en cuatro categorías:

**Grupo E: Salida**

- EXW en fábrica (lugar convenido). El vendedor pone las mercancías a disposición del comprador en los propios locales del vendedor. El comprador soporta todos los riesgos y gastos desde el local del vendedor hasta el destino deseado. El término EXW implica el mínimo riesgo para el vendedor.

**Grupo F: Sin pago del transporte principal.** El vendedor se obliga a entregar la mercancía a un medio de transporte elegido por el comprador.

- FCA: franco transportista (lugar convenido). El vendedor se obliga a entregar la mercancía, poniéndola a disposición del transportista nombrado por el comprador en el punto fijado. Los gastos del transporte, seguro y riesgos son por cuenta del comprador, una vez entregada la mercancía.

- FAS: franco al costado del buque (puerto de carga convenido). El vendedor se obliga a entregar la mercancía colocándola al costado del buque o sobre el muelle en el puerto convenido. Los gastos de transporte y seguro son por cuenta del comprador. Los riesgos de pérdida o daño de la mercancía son por cuenta del comprador, desde el momento de la entrega.

- FOB: franco a bordo (puerto de embarque convenido). El vendedor se obliga a entregar la mercancía, poniéndola a bordo del buque en el puerto de embarque convenido. Los gastos de transporte y seguro son por cuenta del comprador. El vendedor despacha la mercancía con los trámites aduaneros para su exportación. El riesgo de pérdida o daño de la mercancía pasa al comprador, desde el momento en que la mercancía sobrepasa la borda del buque.

**Grupo C: Con pago del transporte principal.** El vendedor ha de contratar el transporte.

- CFR: coste y flete (puerto de destino convenido). El vendedor paga los gastos y el flete necesarios para hacer llegar la mercancía al puerto de destino convenido. El vendedor despacha la mercancía con los trámites aduaneros para su exportación. Conviene aclarar que el exportador corre con los costes de las formalidades aduaneras de la exportación y el importador con las formalidades aduaneras de la importación. Los riesgos de pérdida o daño de la mercancía pasan al comprador, desde el momento en que se pone la mercancía a bordo del buque en el puerto de embarque convenido.

- CIF: coste, seguro y flete (puerto de destino convenido). El vendedor tiene las mismas obligaciones que bajo CFR, pero además ha de pagar el seguro de la mercancía durante el transporte.

- CPT: transporte pagado (lugar de destino convenido). El vendedor paga el flete del transporte de la mercancía hasta el destino convenido. El vendedor lleva a cabo los trámites aduaneros para la exportación. Conviene aclarar que el exportador corre con los costes de las formalidades aduaneras de la exportación y el importador con las formalidades aduaneras de la importación. Los riesgos de pérdida y daño pasan al

comprador desde el momento de la entrega de la mercancía a la custodia del transportista.

- CIP: transporte y seguro pagados (lugar de destino convenido). El vendedor tiene las mismas obligaciones que bajo CPT, pero además paga el seguro del transporte de la mercancía.

**Grupo D: Llegada.** El vendedor ha de soportar todos los riesgos y gastos necesarios para llevar la mercancía al país de destino.

- DAF: entrega en frontera (lugar convenido). El vendedor entrega la mercancía despachada en aduana para la exportación en el lugar y punto convenido de la frontera. Conviene aclarar que el exportador corre con los costes de las formalidades aduaneras de la exportación y el Importador con las formalidades aduaneras de la importación. El vendedor asume los riesgos de daño y pérdida de la mercancía hasta el momento de la entrega.

- DES: entrega sobre buque (puerto de destino convenido). El vendedor entrega la mercancía cuando la pone a disposición del comprador en el puerto de destino convenido, sin despacharla en aduana para su importación. Conviene aclarar que el exportador corre con los costes de las formalidades aduaneras de la exportación y el Importador con las formalidades aduaneras de la importación. El vendedor contrata el transporte y asume los gastos y riesgos relacionados con el transporte de la mercancía hasta el puerto de destino convenido. Los gastos de descarga son por cuenta del comprador.

- DEQ: entrega en muelle, derechos pagados (puerto de destino convenido). EL vendedor entrega la mercancía cuando la pone a disposición del comprador sobre el muelle en el puerto de destino convenido, despachada en aduana para la importación. Conviene aclarar que el exportador corre con los costes de las formalidades aduaneras de la exportación y el importador con las formalidades aduaneras de la importación. El vendedor ha de asumir todos los riesgos y gastos hasta aquel punto, incluidos también los de descarga.

- DDU: entregada, derechos no pagados (lugar de destino convenido). El vendedor entrega la mercancía cuando la pone a disposición del comprador en el lugar convenido del país de importación. El vendedor ha de asumir todos los riesgos y gasto hasta aquel punto, excluidos los derechos e impuestos exigibles a la importación. Conviene aclarar que el exportador corre con los costes de las formalidades aduaneras de la exportación y el importador con las formalidades aduaneras de la importación.

- DDP: entregada, derechos pagados (lugar de destino convenidos). EL vendedor tiene las mismas obligaciones que bajo DDU, pero además paga los derechos e impuestos de la importación de la mercancía. Conviene aclarar que el exportador corre con los costes de las formalidades aduaneras de la exportación y con las formalidades aduaneras de la importación. El término DDP conlleva el máximo de obligaciones para el vendedor (ref.7.5).

**ESQUEMA A.11.1 - EQUIVALENCIA INCOTERMS 2.010 y 2.000**

<i>Incoterms 2010</i>	<i>Incoterms 2000</i>
EXW	EXW
FCA	FCA
FAS	FAS
FOB	FOB
CFR	CFR
CIF	CIF
CPT	CPT
CIP	CIP
DAP	DAF
	DES
	DDU
DAT	DEQ
DDP	DDP

**Notas:**

- en los Incoterms 2010, se desaconseja el uso de EXW, en las compraventas internacionales (al no incluir la carga de la mercancía, por parte del exportador, en el medio de transporte).
- en la versión 2.010 para los términos FOB, CFR y CIF la entrega se produce cuando la mercancía está colocada a bordo del buque, mientras que el de los incoterms 2.000 dicha entrega tiene lugar cuando supera la borda del buque.

ESQUEMA A.11.2- RESUMEN INCOTERMS 2.010

	Mercancía preparada para venta	Carga en instalaciones exportador	Transporte interior en origen	Despacho de exportación	Manipulación carga en origen	Transporte internacional principal	Seguro	Descarga en destino	Despacho de importación	Transporte interior en destino	Descarga destino final
EXW	●										
FCA	●	●	●	●							
CPT	●	●	●	●	●	● (1)		● (2)			
CIP	●	●	●	●	●	● (1)	●	● (2)			
DAT	●	●	●	●	●	●	●	●			
DAP	●	●	●	●	●	●	●	●		●	● (2)
DDP	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	● (2)
FAS	●	●	●	●							
FOB	●	●	●	●	●						
CFR	●	●	●	●	●	● (1)		● (2)			
CIF	●	●	●	●	●	● (1)	●	● (2)			
	“Transporte multimodal”					“Transporte marítimo y por vías navegables de interior”					

(1) Asunción de costes pero no de riesgos. (2) Según lo que acuerden exportador e importador y el lugar específico de entrega.



---

## **CAPITULO 10 - SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

---



## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AEM - Agencia Estatal de Meteorología  
 AFR - Tasa de fecundidad de adolescentes  
 CARI - Contrato de Ajuste Recíproco de Intereses  
 CESCE - Compañía Española de Seguros a la Exportación S.A.  
 CEPAL - Comisión Económica para países de América Latina y Caribe  
 CFC - Refrigerantes clorofluorocarbonos  
 CIRR - Tipo de interés fijo mínimo establecido por la OCDE (Commercial Interest Reference Rates)  
 COP - Coeficiente de rendimiento en los compresores  
 CSA - Comité de Seguridad Alimentaria  
 DPC - Duración práctica de conservación  
 DX - Evaporadores de expansión seca o termostática directa  
 EUROSTAT - Oficina Europea de Estadística  
 FAO - Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura  
 FED - Fondo Europeo de Desarrollo  
 FIEM - Fondo para la Internacionalización de la Empresa  
 FMI- Fondo Monetario Internacional  
 GII - Índice de Desigualdad de Género  
 HC - Refrigerantes hidrocarburos  
 HCFC - Refrigerantes hidroclorofluorocarbonos  
 HFC - Refrigerantes hidrofluorocarbonos  
 HIPC - Países pobres altamente endeudados  
 HR - Humedad relativa  
 HTST - High Temperature Short Time  
 ICO - Instituto de Crédito Oficial  
 IDH - Índice de Desarrollo Humano  
 IDH-D - Índice de Desarrollo Humano ajustado por la Desigualdad  
 IDG - Índice de Desarrollo de Género  
 IMECHE - Institución Profesional de Ingeniería del Reino Unido  
 INB - Ingreso Nacional Bruto  
 INCOTERMS - Términos internacionales de comercio para el transporte de mercancías (international commercial terms,)  
 INDNR - Pesca ilegal, no declarada y no reglamentada  
 IPM - Índice de Pobreza Multidimensional  
 LFPR - Tasa de participación en el mercado laboral  
 LMTD - Diferencia media de temperatura logarítmica  
 MDG - **Objetivos** de Desarrollo del Milenio (ODM)  
 MMR - Tasa de mortalidad materna  
 OCDE - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico



ODP - Potencial de destrucción de la capa de ozono  
OIT - Organización Internacional del Trabajo  
OMC - Organización Mundial del Comercio  
OMS - Organización Mundial de la Salud,  
ONU - Organización de las Naciones Unidas  
ONU-DAES - Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas  
PC - Refrigerantes perfluorocarbonados  
PCA - Potencial de calentamiento atmosférico (GWP en inglés)  
P-h - Presión-Entalpía  
PIB - Producto Interior Bruto  
PLC - Controlador lógico programable  
PMA - Países menos avanzados  
PNUD - Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
PPA - Paridad de poder adquisitivo  
PR - Representación parlamentaria  
PVD - País en vías de desarrollo  
RSPF - Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas  
SE - Educación secundaria y superior  
U - Coeficiente de intercambio térmico  
UE - Unión Europea  
UHT - Leche esterilizada  
UPS - Leche uperizada  
UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)  
UNFPA - Fondo de Población de las Naciones Unidas  
UNICEF - Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia  
UV - Rayos ultravioleta  
VEE - Válvulas de expansión electrónica  
VET - Válvulas de expansión termostática  
VEP - Válvulas de expansión presostática  
 $\Delta T$  - Diferencia de temperatura